Capítulo 1

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DO DESENHO TÉCNICO

Definição de Desenho Técnico

O desenho técnico é uma forma de expressão gráfica que tem por finalidade a representação de forma, dimensão e posição de objetos de acordo com as diferentes necessidades requeridas pelas diversas modalidades de engenharia e também da arquitetura.

Utilizando-se de um conjunto constituído por linhas, números, símbolos e indicações escritas normalizadas internacionalmente, o desenho técnico é definido como linguagem gráfica universal da engenharia e da arquitetura.

Assim como a linguagem verbal escrita exige alfabetização, a execução e a interpretação da linguagem gráfica do desenho técnico exige treinamento específico, porque são utilizadas figuras planas (bidimensionais) para representar formas espaciais.

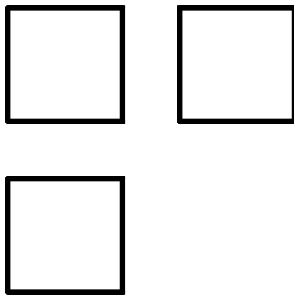



Figura 1.1

A Figura 1.1 está exemplificando a representação de forma espacial por meio de figuras planas, donde pode-se concluir que:

1. Para os leigos a figura é a representação de três quadrados.
2. Na linguagem gráfica do desenho técnico a figura corresponde à representação de um determinado cubo.

Conhecendo-se a metodologia utilizada para elaboração do desenho bidimensional é possível entender e conceber mentalmente a forma espacial representada na figura plana.

Na prática pode-se dizer que, para interpretar um desenho técnico, é necessário enxergar o que não é visível e a capacidade de entender uma forma espacial a partir de uma figura plana é chamada visão espacial.

O que é Visão Espacial

Visão espacial é um dom que, em princípio todos têm, dá a capacidade de percepção mental das formas espaciais. Perceber mentalmente uma forma espacial significa ter o sentimento da forma espacial sem estar vendo o objeto.

Por exemplo, fechando os olhos pode-se ter o sentimento da forma espacial de um copo, de um determinado carro, da sua casa etc..

Ou seja, a visão espacial permite a percepção (o entendimento) de formas espaciais, sem estar vendo fisicamente os objetos.

Apesar da visão espacial ser um dom que todos têm, algumas pessoas têm mais facilidade para entender as formas espaciais a partir das figuras planas.

A habilidade de percepção das formas espaciais a partir das figuras planas pode ser desenvolvida a partir de exercícios progressivos e sistematizados.

A Origem do Desenho Técnico

A representação de objetos tridimensionais em superfícies bidimensionais evoluiu gradualmente através dos tempos. Conforme histórico feito por HOELSCHER, SPRINGER E DOBROVOLNY (1978) um dos exemplos mais antigos do uso de planta e elevação está incluído no álbum de desenhos na Livraria do Vaticano desenhado por Giuliano de Sangalo no ano de 1490.

No século XVII, por patriotismo e visando facilitar as construções de fortificações, o matemático francês Gaspar Monge, que além de sábio era dotado de extraordinária habilidade como desenhista, criou, utilizando projeções ortogonais, um sistema com correspondência biunívoca entre os elementos do plano e do espaço. O sistema criado por Gaspar Monge, publicado em 1795 com o título *"Geometrie Descriptive"* é a base da linguagem utilizada pelo Desenho Técnico.

No século XIX, com a explosão mundial do desenvolvimento industrial, foi necessário normalizar a forma de utilização da Geometria Descritiva para transformá-la numa linguagem gráfica que, a nível internacional, simplificasse a comunicação e viabilizasse o intercâmbio de informações tecnológicas.

Desta forma, a Comissão Técnica TC 10 da International Organization for Standardization – ISO normalizou a forma de utilização da Geometria Descritiva como linguagem gráfica da engenharia e da arquitetura, chamando-a de Desenho Técnico.

Nos dias de hoje a expressão "desenho técnico" representa todos os tipos de desenhos utilizados pela engenharia incorporando também os desenhos não-projetivos (gráficos, diagramas, fluxogramas etc.).

O Desenho Técnico e a Engenharia

Nos trabalhos que envolvem os conhecimentos tecnológicos de engenharia, a viabilização de boas idéias depende de cálculos exaustivos, estudos econômicos, análise de riscos etc. que, na maioria dos casos, são resumidos em desenhos que representam o que deve ser executado ou construído ou apresentados em gráficos e diagramas que mostram os resultados dos estudos feitos.

Todo o processo de desenvolvimento e criação dentro da engenharia está intimamente ligado à expressão gráfica. O desenho técnico é uma ferramenta que pode ser utilizada não só para apresentar resultados como também para soluções gráficas que podem substituir cálculos complicados.

Apesar da evolução tecnológica e dos meios disponíveis pela computação gráfica, o ensino de Desenho Técnico ainda é imprescindível na formação de qualquer modalidade de engenheiro, pois, além do aspecto da linguagem gráfica que permite que as idéias concebidas por alguém sejam executadas por terceiros, o desenho técnico desenvolve o raciocínio, o senso de rigor geométrico, o espírito de iniciativa e de organização.

Assim, o aprendizado ou o exercício de qualquer modalidade de engenharia irá depender, de uma forma ou de outra, do desenho técnico.

Tipos de Desenho Técnico

O desenho técnico é dividido em dois grandes grupos:

- Desenho projetivo – são os desenhos resultantes de projeções do objeto em um ou mais planos de projeção e correspondem às vistas ortográficas e às perspectivas.

- Desenho não-projetivo – na maioria dos casos corresponde a desenhos resultantes dos cálculos algébricos e compreendem os desenhos de gráficos, diagramas etc..

Os desenhos projetivos compreendem a maior parte dos desenhos feitos nas indústrias e alguns exemplos de utilização são:

- Projeto e fabricação de máquinas, equipamentos e de estruturas nas indústrias de processo e de manufatura (indústrias mecânicas, aeroespaciais, químicas, farmacêuticas, petroquímicas, alimentícias etc.).

- Projeto e construção de edificações com todos os seus detalhamentos elétricos, hidráulicos, elevadores etc..

- Projeto e construção de rodovias e ferrovias mostrando detalhes de corte, aterro, drenagem, pontes, viadutos etc..

- Projeto e montagem de unidades de processos, tubulações industriais, sistemas de tratamento e distribuição de água, sistema de coleta e tratamento de resíduos.

- Representação de relevos topográficos e cartas náuticas.

- Desenvolvimento de produtos industriais.

- Projeto e construção de móveis e utilitários domésticos.

- Promoção de vendas com apresentação de ilustrações sobre o produto.

Pelos exemplos apresentados pode-se concluir que o desenho projetivo é utilizado em todas as modalidades da engenharia e pela arquitetura. Como resultado das especificidades das diferentes modalidades de engenharia, o desenho projetivo aparece com vários nomes que correspondem a alguma utilização específica:

- Desenho Mecânico
- Desenho de Máquinas
- Desenho de Estruturas
- Desenho Arquitetônico
- Desenho Elétrico/Eletrônico
- Desenho de Tubulações

Mesmo com nomes diferentes, as diversas formas de apresentação do desenho projetivo têm uma mesma base, e todas seguem normas de execução que permitem suas interpretações sem dificuldades e sem mal-entendidos

Os desenhos não-projetivos são utilizados para representação das diversas formas de gráficos, diagramas, esquemas, ábacos, fluxogramas, organogramas etc..

Formas de Elaboração e Apresentação do Desenho Técnico

Atualmente, na maioria dos casos, os desenhos são elaborados por computadores, pois existem vários softwares que facilitam a elaboração e apresentação de desenhos técnicos.

Nas áreas de atuação das diversas especialidades de engenharias, os primeiros desenhos que darão início à viabilização das idéias são desenhos elaborados à mão livre, chamados de esboços.

A partir dos esboços, já utilizando computadores, são elaborados os desenhos preliminares que correspondem ao estágio intermediário dos estudos que são chamados de anteprojeto.

Finalmente, a partir dos anteprojetos devidamente modificados e corrigidos são elaborados os desenhos definitivos que servirão para execução dos estudos feitos.

Os desenhos definitivos são completos, elaborados de acordo com a normalização envolvida, e contêm todas as informações necessárias à execução do projeto.

A Padronização dos Desenhos Técnicos

Para transformar o desenho técnico em uma linguagem gráfica foi necessário padronizar seus procedimentos de representação gráfica. Essa padronização é feita por meio de normas técnicas seguidas e respeitadas internacionalmente.

As normas técnicas são resultantes do esforço cooperativo dos interessados em estabelecer códigos técnicos que regulem relações entre produtores e consumidores, engenheiros, empreiteiros e clientes. Cada país elabora suas normas técnicas e estas são acatadas em todo o seu território por todos os que estão ligados, direta ou indiretamente, a este setor.

No Brasil as normas são aprovadas e editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, fundada em 1940.

Para favorecer o desenvolvimento da padronização internacional e facilitar o intercâmbio de produtos e serviços entre as nações, os órgãos responsáveis pela normalização em cada país, reunidos em Londres, criaram em 1947 a Organização Internacional de Normalização (International Organization for Standardization – ISO)

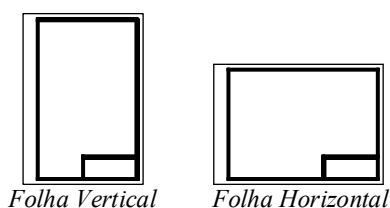
Quando uma norma técnica proposta por qualquer país membro é aprovada por todos os países que compõem a ISO, essa norma é organizada e editada como norma internacional.

As normas técnicas que regulam o desenho técnico são normas editadas pela ABNT, registradas pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) como normas brasileiras -NBR e estão em consonância com as normas internacionais aprovadas pela ISO.

Normas da ABNT

A execução de desenhos técnicos é inteiramente normalizada pela ABNT. Os procedimentos para execução de desenhos técnicos aparecem em normas gerais que abordam desde a denominação e classificação dos desenhos até as formas de representação gráfica, como é o caso da NBR 5984 – NORMA GERAL DE DESENHO TÉCNICO (Antiga NB 8) e da NBR 6402 – EXECUÇÃO DE DESENHOS TÉCNICOS DE MÁQUINAS E ESTRUTURAS METÁLICAS (Antiga NB 13), bem como em normas específicas que tratam os assuntos separadamente, conforme os exemplos seguintes:

- NBR 10647 – DESENHO TÉCNICO – NORMA GERAL, cujo objetivo é definir os termos empregados em desenho técnico. A norma define os tipos de desenho quanto aos seus aspectos geométricos (Desenho Projetivo e Não-Projetivo), quanto ao grau de elaboração (Esboço, Desenho Preliminar e Definitivo), quanto ao grau de pormenorização (Desenho de Detalhes e Conjuntos) e quanto à técnica de execução (À mão livre ou utilizando computador)

- NBR 10068 – FOLHA DE DESENHO LAY-OUT E DIMENSÕES, cujo objetivo é padronizar as dimensões das folhas utilizadas na execução de desenhos técnicos e definir seu lay-out com suas respectivas margens e legenda.

As folhas podem ser utilizadas tanto na posição vertical como na posição horizontal, conforme mostra a Figura 1.2.

Os tamanhos das folhas seguem os Formatos da série “A”, e o desenho deve ser executado no menor formato possível, desde que não comprometa a sua interpretação.

Figura 1.2

Tabela 1: Os Formatos da série “A” seguem as seguintes dimensões em milímetros:

FORMATO	DIMENSÕES	MARGEM		COMPRIMENTO DA LEGENDA	ESPESSURA LINHAS DA MARGENS
		ESQUERDA	OUTRAS		
A0	841 x 1189	25	10	175	1,4
A1	594 x 841	25	10	175	1,0
A2	420 x 594	25	7	178	0,7
A3	297 x 420	25	7	178	0,5
A4	210 x 297	25	7	178	0,5

Os formatos da série “A” têm como base o formato A0, cujas dimensões guardam entre si a mesma relação que existe entre o lado de um quadrado e sua diagonal ($841\sqrt{2}=1189$), e que corresponde a um retângulo de área igual a 1 m^2.

Havendo necessidade de utilizar formatos fora dos padrões mostrados na tabela 1, é recomendada a utilização de folhas com dimensões de comprimentos ou larguras correspondentes a múltiplos ou a submúltiplos dos citados padrões.

A legenda deve conter todos os dados para identificação do desenho (número, origem, título, executor etc.) e sempre estará situada no canto inferior direito da folha, conforme mostra a Figura 1.2.

- NBR 10582 – APRESENTAÇÃO DA FOLHA PARA DESENHO TÉCNICO, que normaliza a distribuição do espaço da folha de desenho, definindo a área para texto, o espaço para desenho etc.. Como regra geral deve-se organizar os desenhos distribuídos na folha, de modo a ocupar toda a área, e organizar os textos acima da legenda junto à margem direita, ou à esquerda da legenda logo acima da margem inferior.

- NBR 13142 – DESENHO TÉCNICO – DOBRAMENTO DE CÓPIAS, que fixa a forma de dobramento de todos os formatos de folhas de desenho: para facilitar a fixação em pastas, eles são dobrados até as dimensões do formato A4.

- NBR 8402 – EXECUÇÃO DE CARACTERES PARA ESCRITA EM DESENHOS TÉCNICOS que, visando à uniformidade e à legibilidade para evitar prejuízos na clareza do desenho e evitar a possibilidade de interpretações erradas, fixou as características de escrita em desenhos técnicos.

Neste livro, além das normas citadas acima, como exemplos, os assuntos abordados nos capítulos seguintes estarão em consonância com as seguintes normas da ABNT:

- NBR 8403 – APLICAÇÃO DE LINHAS EM DESENHOS – TIPOS DE LINHAS – LARGURAS DAS LINHAS

- NBR10067 – PRINCÍPIOS GERAIS DE REPRESENTAÇÃO EM DESENHO TÉCNICO

- NBR 8196 – DESENHO TÉCNICO – EMPREGO DE ESCALAS

- NBR 12298 – REPRESENTAÇÃO DE ÁREA DE CORTE POR MEIO DE HACHURAS EM DESENHO TÉCNICO

- NBR10126 – COTAGEM EM DESENHO TÉCNICO

- NBR8404 – INDICAÇÃO DO ESTADO DE SUPERFÍCIE EM DESENHOS TÉCNICOS

- NBR 6158 – SISTEMA DE TOLERÂNCIAS E AJUSTES

- NBR 8993 – REPRESENTAÇÃO CONVENCIONAL DE PARTES ROSCADAS EM DESENHO TÉCNICO

Existem normas que regulam a elaboração dos desenhos e têm a finalidade de atender a uma determinada modalidade de engenharia. Como exemplo, pode-se citar: a NBR 6409, que normaliza a execução dos desenhos de eletrônica; a NBR 7191, que normaliza a execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado; NBR 11534, que normaliza a representação de engrenagens em desenho técnico.

Uma consulta aos catálogos da ABNT mostrará muitas outras normas vinculadas à execução de algum tipo ou alguma especificidade de desenho técnico.

Capítulo 2

TEORIA DO DESENHO PROJETIVO UTILIZADO PELO DESENHO TÉCNICO

Definição de Projeção Ortogonal

Nos desenhos projetivos, a representação de qualquer objeto ou figura será feita por sua projeção sobre um plano. A Figura 2.1 mostra o desenho resultante da projeção de uma forma retangular sobre um plano de projeção.

Os raios projetantes tangenciam o retângulo e atingem o plano de projeção formando a projeção resultante.

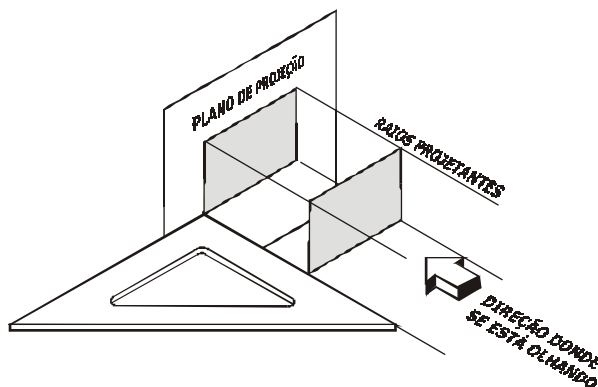



Figura 2.1

Como os raios projetantes, em relação ao plano de projeção, são paralelos e perpendiculares, a projeção resultante representa a forma e a verdadeira grandeza do retângulo projetado.

Este tipo de projeção é denominado Projeção Ortogonal (do grego ortho = reto + gonal = ângulo), pois os raios projetantes são perpendiculares ao plano de projeção.

Das projeções ortogonais surgem as seguintes conclusões:

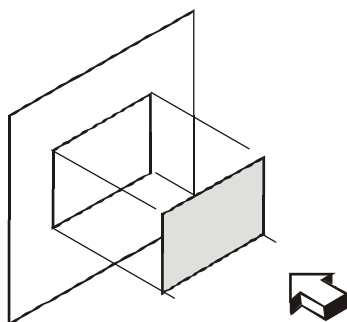
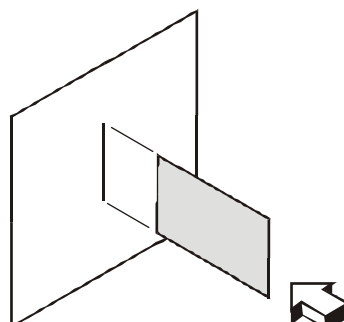
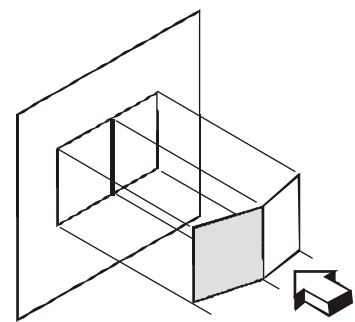



Figura 2.2 *Figura 2.3* *Figura 2.4*

Toda superfície paralela a um plano de projeção se projeta neste plano exatamente na sua forma e em sua verdadeira grandeza, conforme mostra a Figura 2.2.

A Figura 2.3 mostra que quando a superfície é perpendicular ao plano de projeção, a projeção resultante é uma linha.

As arestas resultantes das interseções de superfícies são representadas por linhas, conforme mostra a Figura 2.4

Como Utilizar as Projeções Ortogonais

Como os sólidos são constituídos de várias superfícies, as projeções ortogonais são utilizadas para representar as formas tridimensionais através de figuras planas.

A Figura 2.5 mostra a aplicação das projeções ortogonais na representação das superfícies que compõem, respectivamente, um cilindro, um paralelepípedo e um prisma de base triangular.

Pode-se observar que as projeções resultantes são constituídas de figuras iguais.

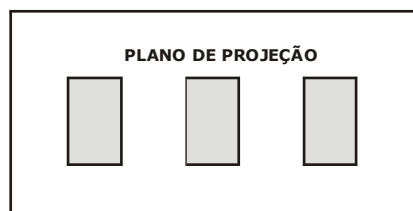
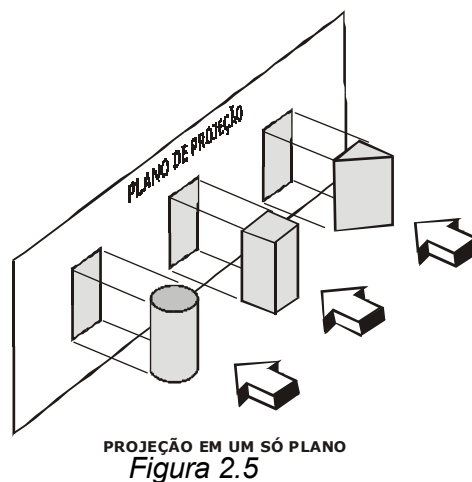



Figura 2.5

Figura 2.6

Olhando para a Figura 2.6, na qual aparecem somente as projeções resultantes da Figura 2.5, é impossível identificar as formas espaciais representadas, pois cada uma das projeções pode corresponder a qualquer um dos três sólidos.

Isto acontece porque a terceira dimensão de cada sólido não está representada pela projeção ortogonal.

Para fazer aparecer a terceira dimensão é necessário fazer uma segunda projeção ortogonal olhando os sólidos por outro lado.

A Figura 2.7 mostra os três sólidos anteriores sendo projetados nos planos vertical e horizontal e fazendo-se, posteriormente, o rebatimento do plano horizontal até a formação de um único plano na posição vertical.

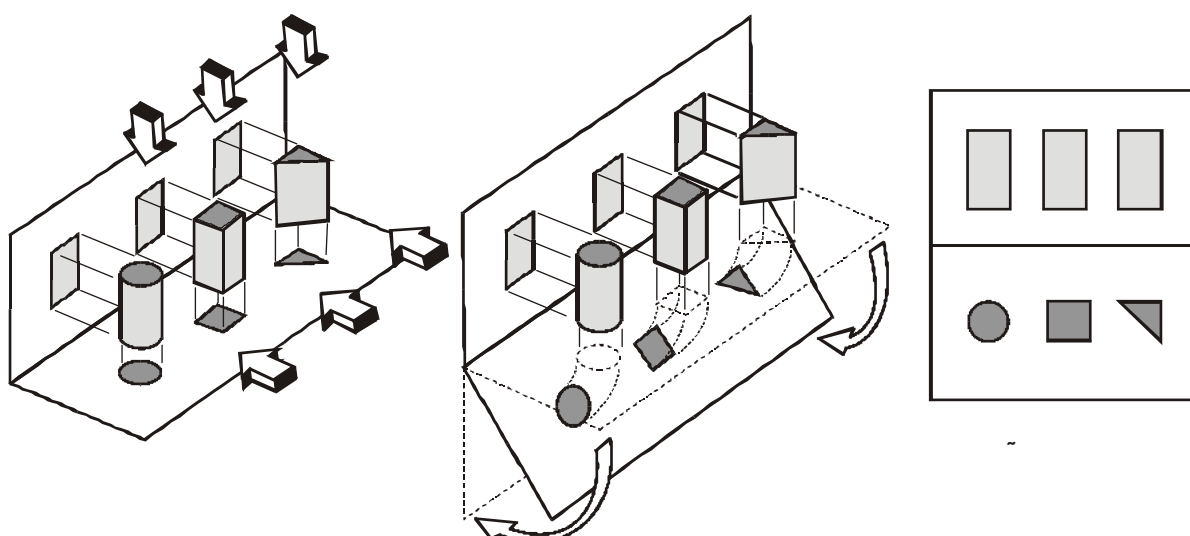



Figura 2.7

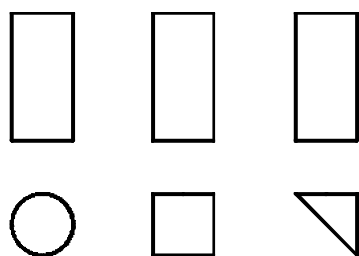



Figura 2.8

Olhando para cada um dos pares de projeções ortogonais, representados na Figura 2.8, e sabendo que eles correspondem, respectivamente, às representações dos três sólidos vistos por posições diferentes, pode-se obter a partir das figuras planas o **entendimento** da forma espacial de cada um dos sólidos representados.

Os desenhos resultantes das projeções nos planos vertical e horizontal resultam na representação do objeto visto por lados diferentes e as projeções resultantes, desenhadas em um único plano, conforme mostra a Figura 2.9 (b) representam as três dimensões do objeto.

(a) *(b)*

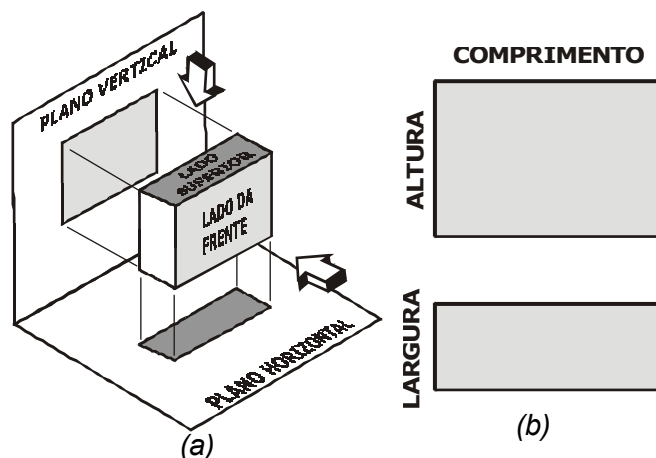



Figura 2.9

Na projeção feita no plano vertical aparecem o comprimento e a altura do objeto e na projeção feita no plano horizontal aparecem o comprimento e a largura do mesmo objeto.

Os desenhos mostrados na Figura 2.9 (b) também correspondem às projeções do prisma triangular desenhado na Figura 2.10.

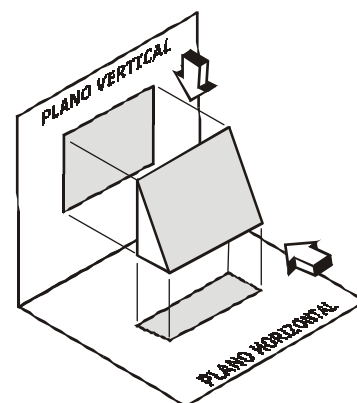



Figura 2.10

Assim sendo, pode-se concluir que duas vistas, apesar de representarem as três dimensões, podem não ser suficientes para representar a forma do objeto desenhado.

Uma forma mais simples de raciocínio para utilização das projeções ortogonais em planos perpendiculares entre si é obter as vistas (projeções resultantes) fazendo-se o rebatimento direto da peça que está sendo desenhada. A Figura 2.11 mostra que, raciocinando com o rebatimento da peça, pode-se obter o mesmo resultado do rebatimento do plano horizontal.

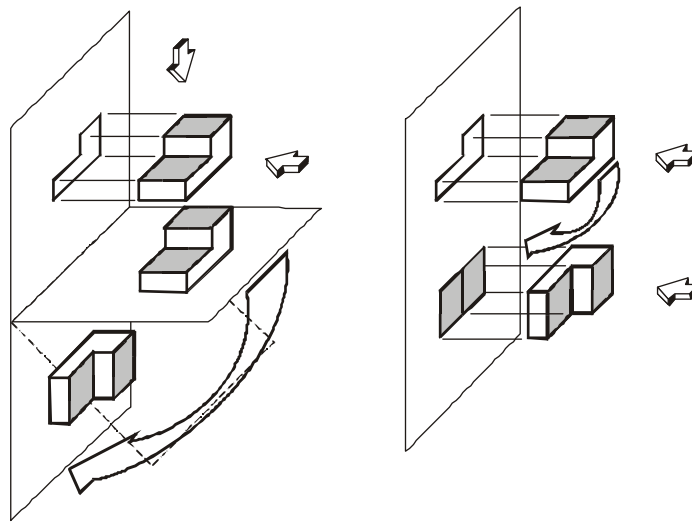



Figura 2.11

Assim como na Figura 2.9, em que as projeções resultantes não definem a forma da peça, a Figura 2.12 mostra que as duas vistas (projeções resultantes) obtidas na Figura 2.11 também podem corresponder a formas espaciais completamente diferentes.

Mais uma vez se conclui que duas vistas, apesar de representarem as três dimensões do objeto, não garantem a representação da forma da peça.

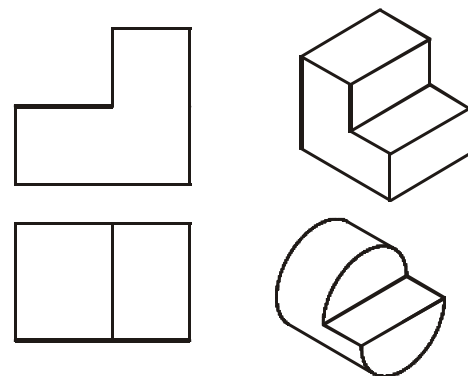



Figura 2.12

A representação das formas espaciais é resolvida com a utilização de uma terceira projeção.

A Figura 2.13 mostra a utilização de um plano lateral para obtenção de uma terceira projeção, resultando em três vistas da peça por lados diferentes.

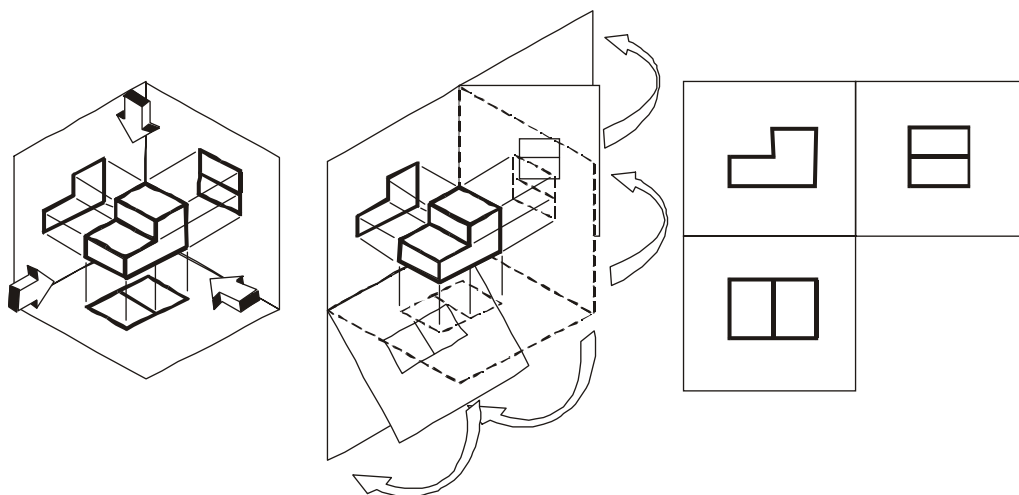



Figura 2.13

Para que o desenho resultante se transforme em uma linguagem gráfica, os planos de projeção horizontal e lateral têm os sentidos de rebatimento convencionados, e sempre se rebatem sobre o plano vertical.

Mantendo o sentido dos rebatimentos dos planos horizontal e lateral resultará sempre nas mesmas posições relativas entre as vistas.

O lado da peça que for projetado no plano vertical sempre será considerado como sendo a frente da peça. Assim sendo, em função dos rebatimentos convencionados, o lado superior da peça sempre será representado abaixo da vista de frente e o lado esquerdo da peça aparecerá desenhado à direita da vista de frente.

A manutenção das mesmas posições relativas das vistas permite que a partir dos desenhos bidimensionais, resultantes das projeções ortogonais, se entenda (visualize) a forma espacial do objeto representado.

Os desenhos da Figura 2.14 mostram as três vistas das quatro peças que anteriormente haviam sido representadas por somente duas vistas na Figuras 2.9(b), 2.10 e 2.12. Observe-se que não existe mais indefinição de forma espacial, cada conjunto de vistas corresponde somente à uma peça.

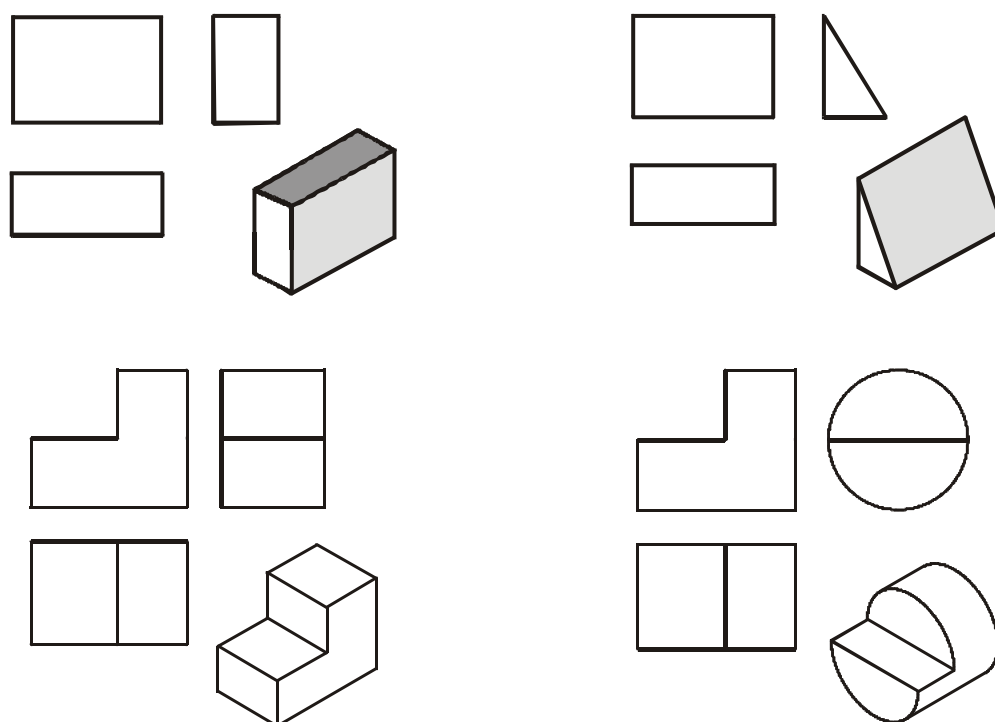



Figura 2.14

É importante considerar que cada vista representa a peça sendo observada de uma determinada posição. Ou seja, nas projeções ortogonais, apesar de estarmos vendo desenhos planos (bidimensionais), em cada vista há uma profundidade, não visível, que determina a forma tridimensional da peça representada.

Para entender a forma da peça representada pelas projeções ortogonais é preciso exercitar a imaginação e a capacidade de visualização espacial fazendo a associação das projeções ortogonais feitas por lados diferentes.

Cada superfície que compõe a forma espacial da peça estará representada em cada uma das três projeções ortogonais, conforme mostra a figura 2.15, onde os planos que compõem a forma espacial da peça foram identificados com letras e nas projeções pode-se analisar os rebatimentos de cada um destes planos.

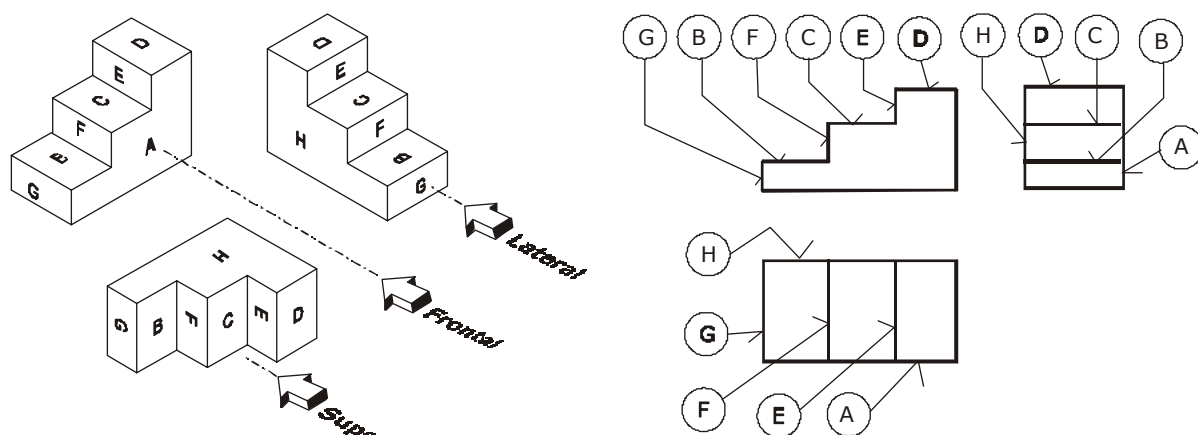
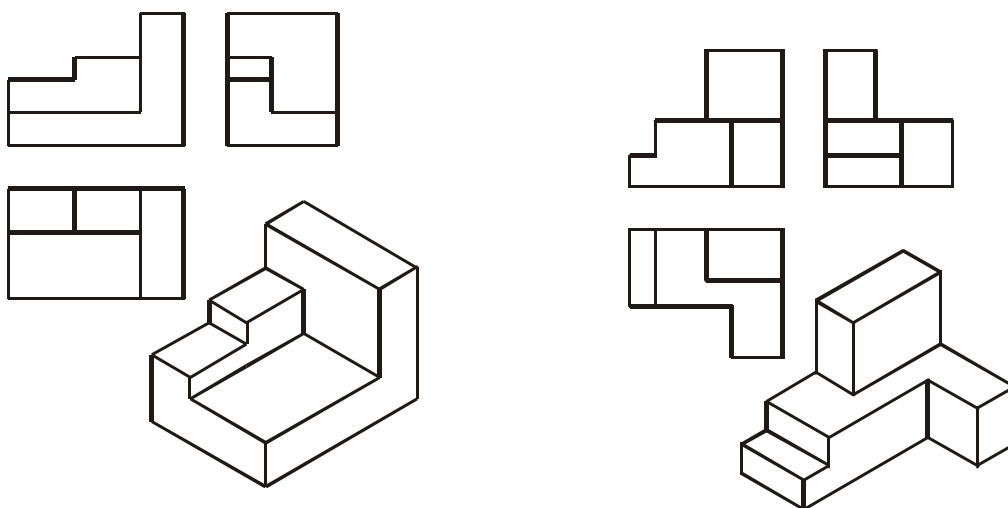



Figura 2.15

Observe, na Figura 2.15, que as vistas resultantes são conseqüentes das conclusões mostradas nas Figuras 2.2, 2.3 e 2.4. Por exemplo, o plano “A”, sendo paralelo ao plano vertical de projeção, aparece na vista de frente na sua forma e em sua verdadeira grandeza, enquanto nas vistas superior e lateral, o plano “A” é representado por uma linha devido à sua perpendicularidade aos respectivos planos de projeção.

Exercícios Propostos

Visando melhorar o entendimento das projeções ortogonais, nos desenhos abaixo faça a identificação dos planos que compõem as formas espaciais das peças dadas e analise seus rebatimentos nas vistas correspondentes.

Representação de Arestas Ocultas

Como a representação de objetos tridimensionais, por meio de projeções ortogonais, é feita por vistas tomadas por lados diferentes, dependendo da forma espacial do objeto, algumas de suas superfícies poderão ficar ocultas em relação ao sentido de observação.

Observando a Figura 2.16 vê-se que a superfície “A” está oculta quando a peça é vista lateralmente (*direção 3*), enquanto a superfície “B” está oculta quando a

peça é vista por cima (*direção 2*). Nestes casos, as arestas que estão ocultas em um determinado sentido de observação são representadas por linhas tracejadas.

As linhas tracejadas são constituídas de pequenos traços de comprimento uniforme, espaçados de um terço de seu comprimento e levemente mais finas que as linhas cheias.

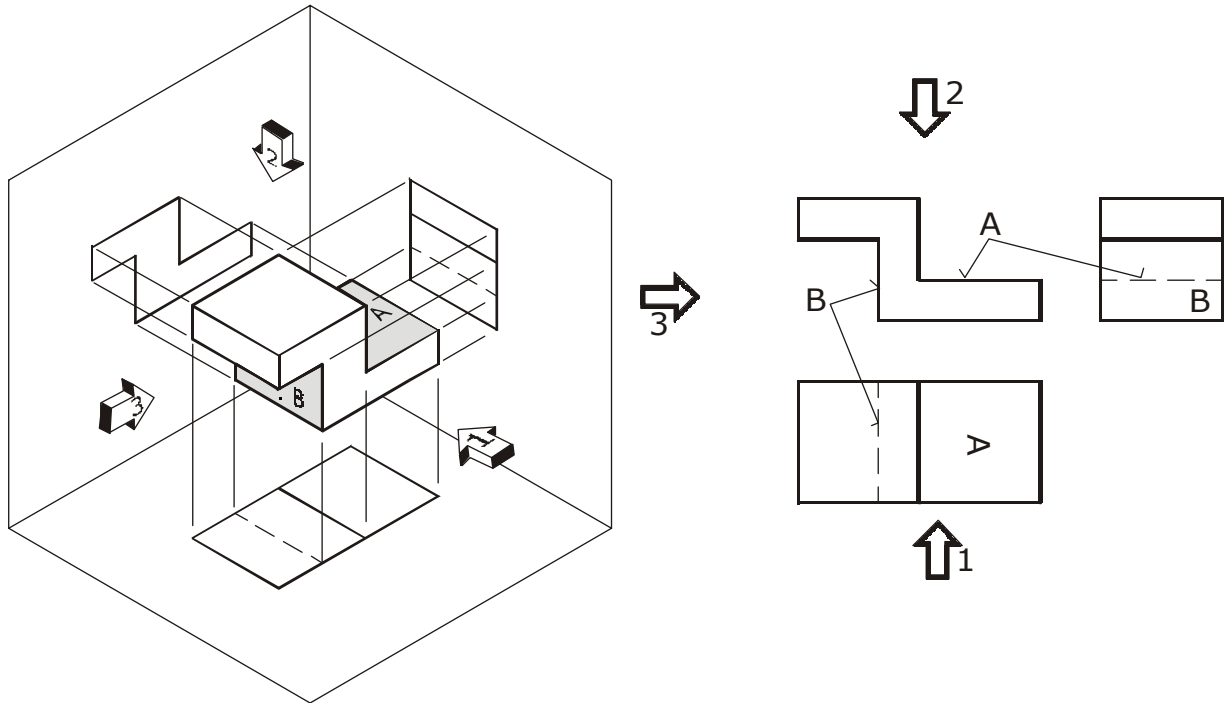



Figura 2.16

Deve-se procurar evitar o aparecimento de linhas tracejadas, porque a visualização da forma espacial é muito mais fácil mediante as linhas cheias que representam as arestas visíveis.

É importante destacar que evitar o aparecimento de linhas tracejadas não significa omiti-las, pois, em relação ao sentido de observação, as linhas tracejadas são vitais para compreensão das partes ocultas do objeto.

As linhas tracejadas podem ser evitadas invertendo-se a posição da peça em relação aos planos de projeção (**mudar a posição da vista de frente**).

As Figuras 2.17 e 2.18 mostram exemplos da mudança de posição da peça em relação à vista de frente para evitar linhas tracejadas.

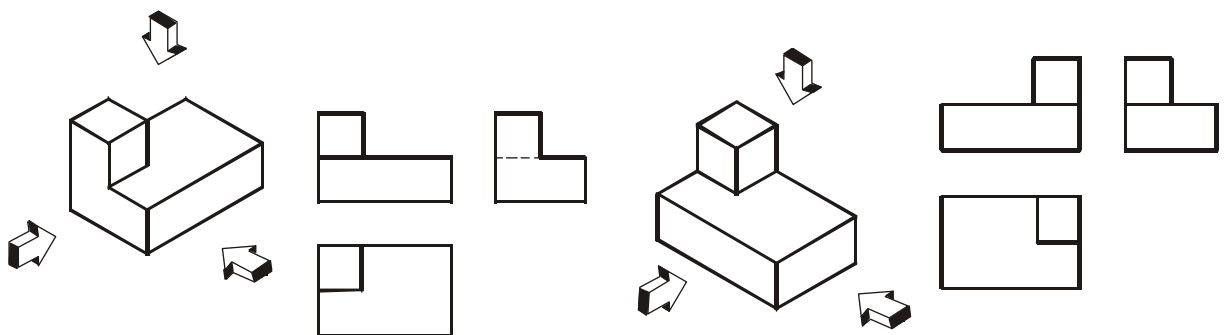



Figura 2.17

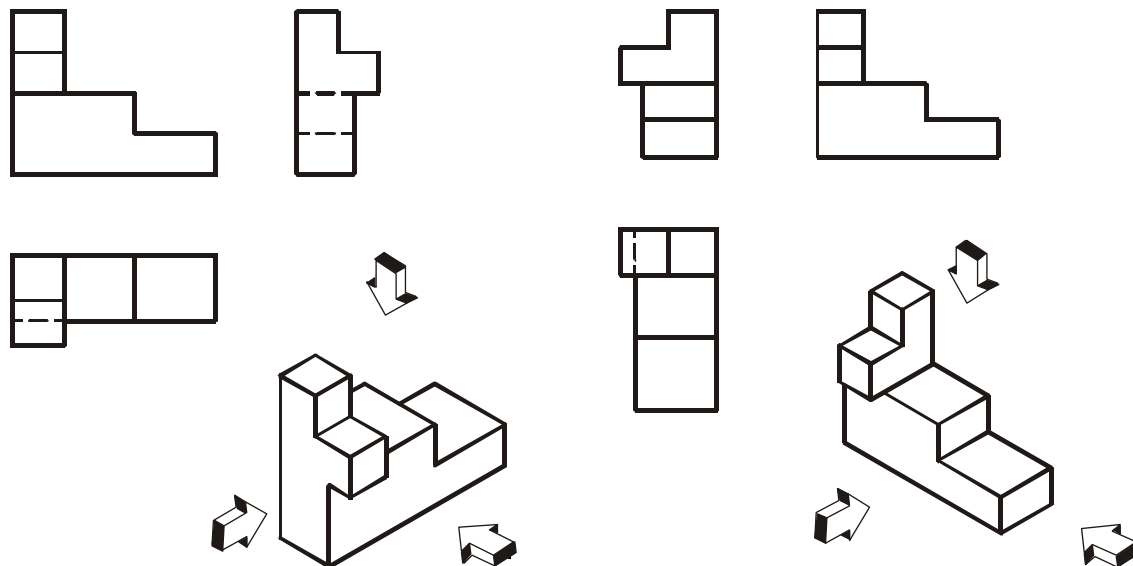
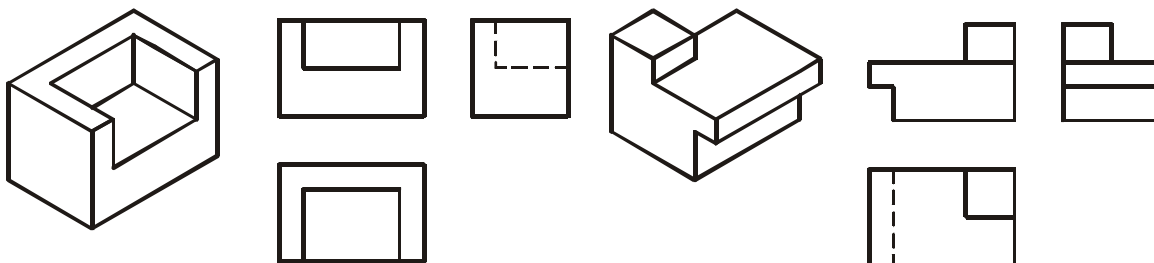



Figura 2.18

Exercícios Propostos

Nos desenhos abaixo, faça a identificação dos planos que compõem as formas espaciais das peças dadas e analise seus rebatimentos nas vistas correspondentes.

Elaboração de Esboços (DESENHOS À MÃO LIVRE)

Ainda que o objetivo deste livro seja o de ensinar a interpretar a linguagem gráfica do desenho técnico para os estudantes de engenharia, é muito importante desenvolver a habilidade de desenhar à mão livre.

A elaboração de esboços, além favorecer a análise gráfica das projeções ortogonais, ajuda a desenvolver o sentido de proporcionalidade.

Os materiais necessários para elaboração de esboços são: lápis, borracha e papel.

Na elaboração de desenhos à mão livre, ainda que a perfeição dos traços seja importante, é muito mais importante o rigor das proporções e a correta aplicação das normas e convenções de representação.

É tendência dos principiantes dedicar excessiva atenção à perfeição dos traços em detrimento das outras condições.

Para desenhar à mão livre não é necessário possuir dons especiais, basta dominar os músculos do pulso e dos dedos e praticar com persistência e coerência que a habilidade para esboçar será adquirida naturalmente com a prática.

Existem algumas recomendações que devem ser seguidas para facilitar a elaboração de desenhos à mão livre.

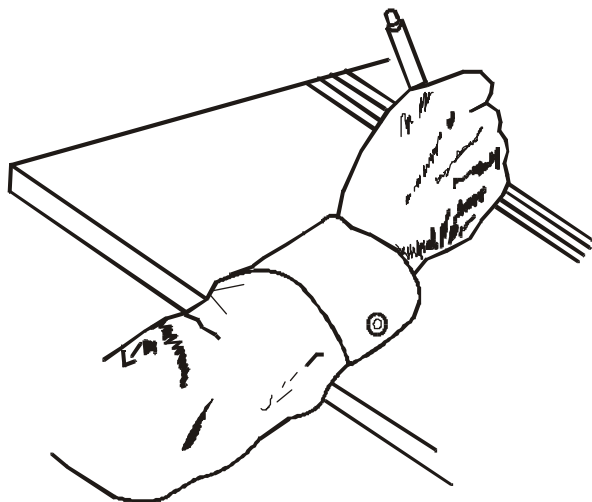



Figura 2.19

O antebraço deve estar totalmente apoiado sobre a prancheta. A mão deve segurar o lápis naturalmente, sem forçar, e também estar apoiada na prancheta.

Deve-se evitar desenhar próximo às beiradas da prancheta, sem o apoio do antebraço.

O antebraço não estando apoiado acarretará um maior esforço muscular, e, em conseqüência, imperfeição no desenho.

Os traços verticais, inclinados ou não, são geralmente desenhados de cima para baixo e os traços horizontais são feitos da esquerda para a direita.

Traçado de Retas

Para traçar um segmento de reta que une dois pontos, deve-se colocar o lápis em um dos pontos e manter o olhar sobre o outro ponto (para onde se dirige o traço). Não se deve acompanhar com a vista o movimento do lápis.

Inicialmente desenha-se uma linha leve para, em seguida, reforçar o traço corrigindo, eventualmente, a linha traçada.

Não se pode pretender que um segmento reto traçado à mão livre seja absolutamente reto, sem qualquer sinuosidade. Como já foi destacado, muito mais importante que a perfeição do traçado é a exatidão e as proporções do desenho.

Traçado de Arcos

O melhor caminho para desenhar circunferências (arcos) é marcar previamente, sobre linhas perpendiculares entre si, as distâncias radiais, e a partir daí fazer o traçado do arco, conforme mostra a Figura 2.20.

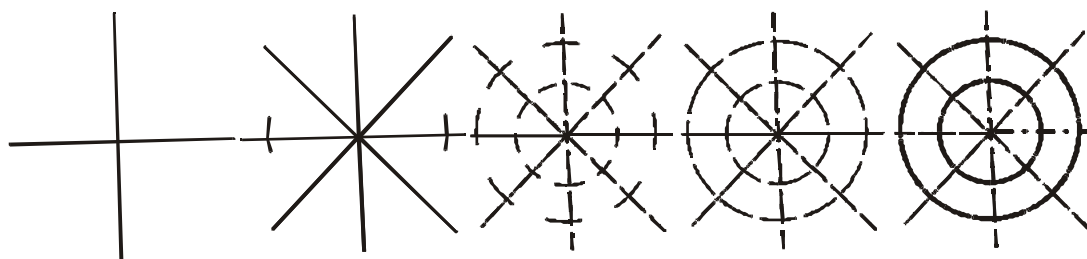



Figura 2.20

Traçado das Projeções (VISTAS)

Para desenhar à mão livre as projeções ortogonais de qualquer objeto, é conveniente seguir as recomendações seguintes:

- Analisar previamente qual a melhor combinação de vistas que representa a peça, de modo que não apareça ou que apareça o menor número possível de linhas tracejadas.
- Esboçar, com traço muito leve e fino o lugar de cada projeção, observando que as distâncias entre as vistas devem ser visualmente iguais.
- A escolha da distância entre as vistas é importante porque, vistas excessivamente próximas ou excessivamente afastadas umas das outras, tiram a clareza e dificultam a interpretação do desenho.
- Desenhar os detalhes resultantes das projeções ortogonais, trabalhando simultaneamente nas três vistas.
- Reforçar com traço definitivo (traço contínuo e forte) os contornos de cada vista.
- Com o mesmo traço (contínuo e forte) acentuar em cada vista os detalhes visíveis.
- Desenhar em cada vista, com traço médio, as linhas tracejadas correspondentes às arestas invisíveis.
- Apagar as linhas de guia feitas no início do desenho.
- Conferir cuidadosamente o desenho resultante.

A Figura 2.21 mostra as sucessivas fases para elaboração de um desenho à mão livre.

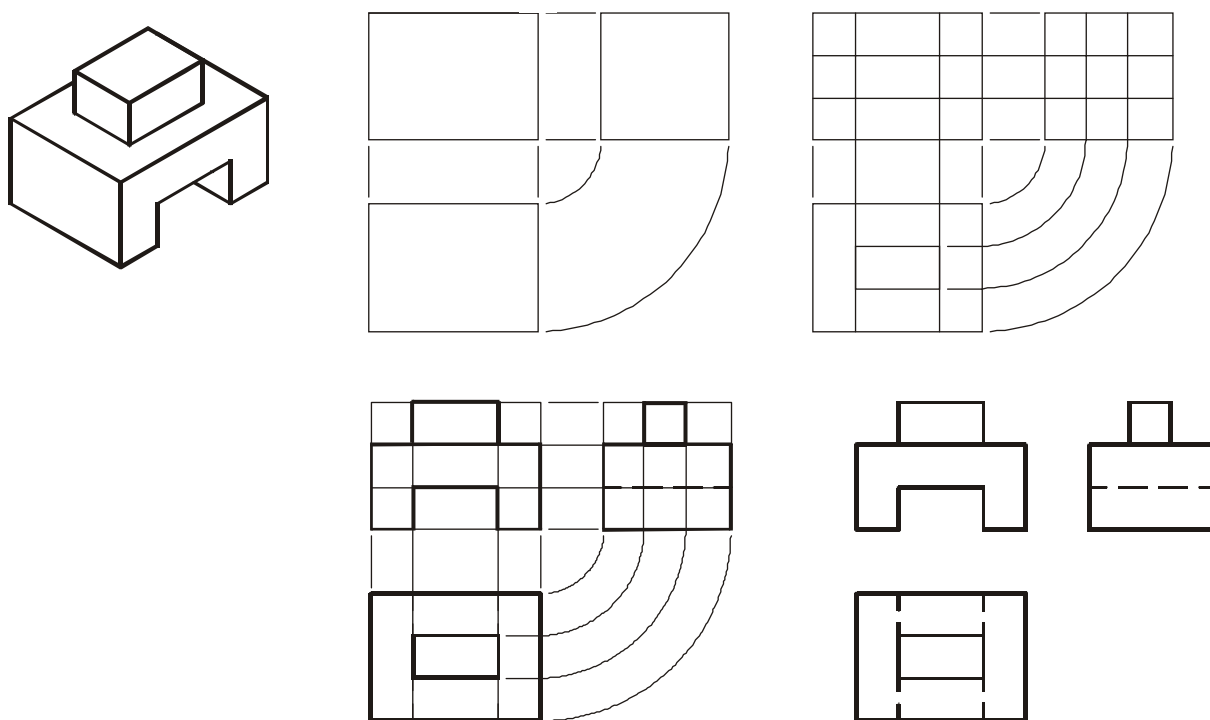



Figura 2.21

Como projeções desenhadas representam uma mesma peça sendo vista por lados diferentes, o desenho deve resguardar, visualmente, as proporções da peça,

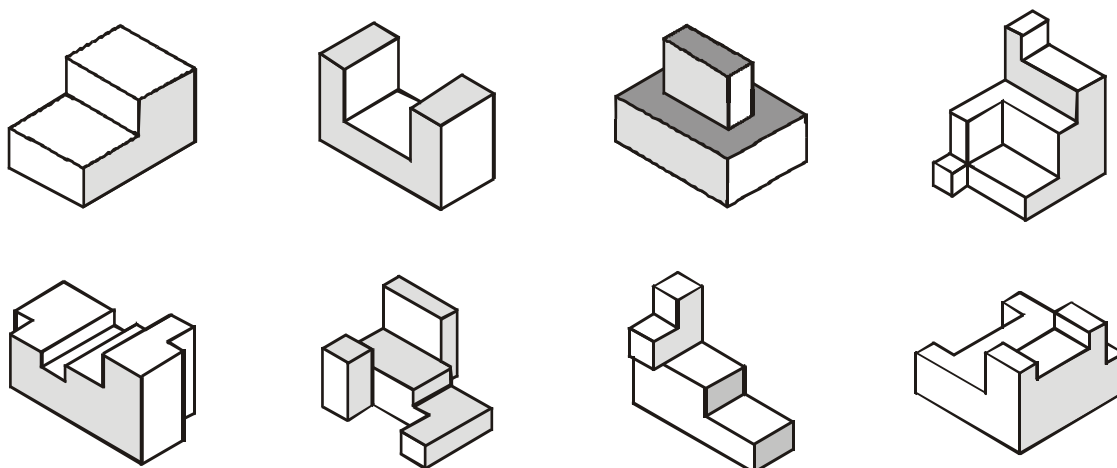
deste modo, os lados que aparecem em mais de uma vista não podem ter tamanhos diferentes.

Na Figura 2.21, pode-se ver que: as dimensões de largura da peça aparecem nas vistas lateral e superior, as dimensões de altura aparecem nas vistas de frente e lateral e as dimensões de comprimento aparecem nas vistas de frente e superior.

Assim sendo, as vistas devem preservar:

- Os mesmos comprimentos nas vistas de frente e superior.
- As mesmas alturas nas vistas de frente e lateral.
- As mesmas larguras nas vistas lateral e superior.

Exercícios Propostos

Aplicando as recomendações do item anterior desenhe as três vistas das peças mostradas abaixo, tomando o cuidado para que tenham o menor número de linhas tracejadas possíveis.

Representação de Superfícies Inclinadas

A representação de superfícies inclinadas pode ser dividida em dois casos distintos:

1 – Quando a superfície é perpendicular a um dos planos de projeção e inclinada em relação aos outros planos de projeção.

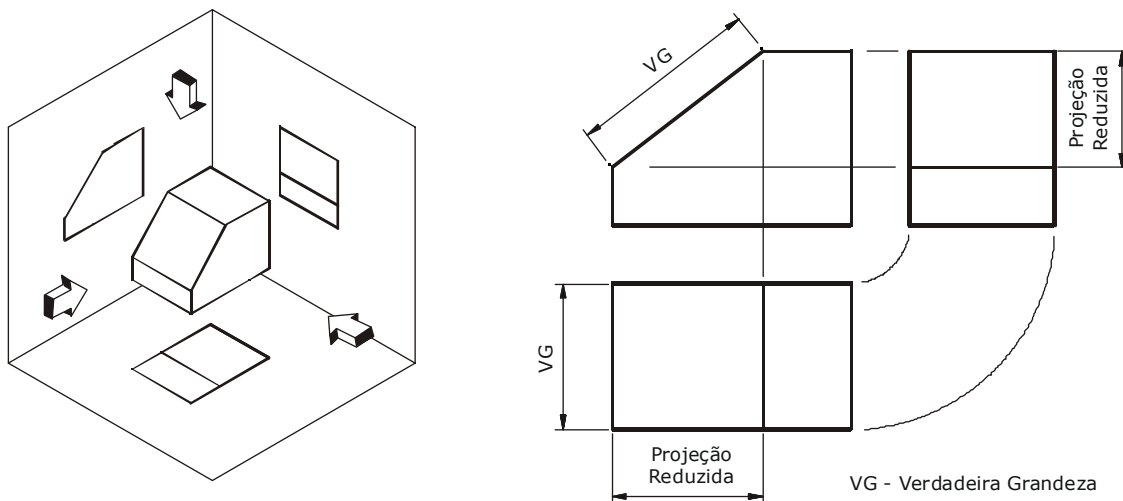



Figura 2.22

A projeção resultante no plano que é perpendicular à superfície inclinada será um segmento de reta que corresponde à verdadeira grandeza da dimensão representada. Nos outros dois planos a superfície inclinada mantém a sua forma, mas sofre alteração da verdadeira grandeza em uma das direções da projeção resultante.

A representação mantendo a forma e a verdadeira grandeza de qualquer superfície inclinada só será possível se o plano de projeção for paralelo à superfície.

As Figuras 2.23, 2.24 e 2.25 mostram exemplos de representação de peças com superfícies inclinadas, porém, perpendiculares a um dos planos de projeção.

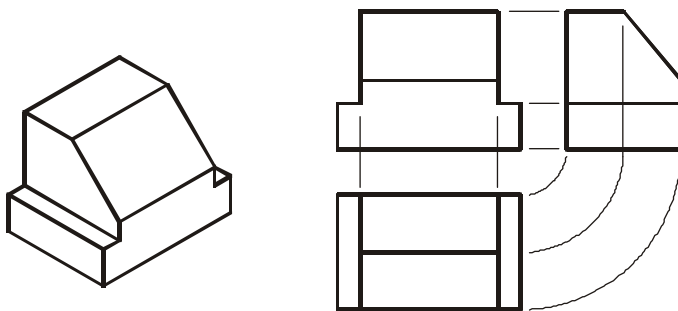



Figura 2.23

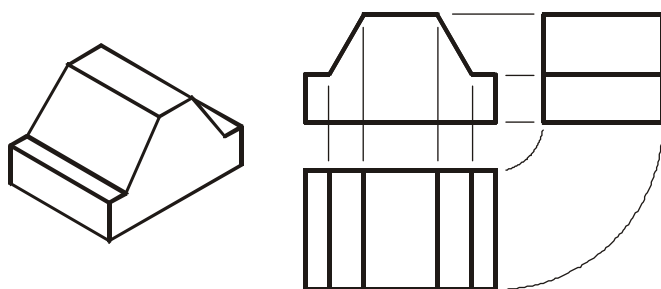



Figura 2.24

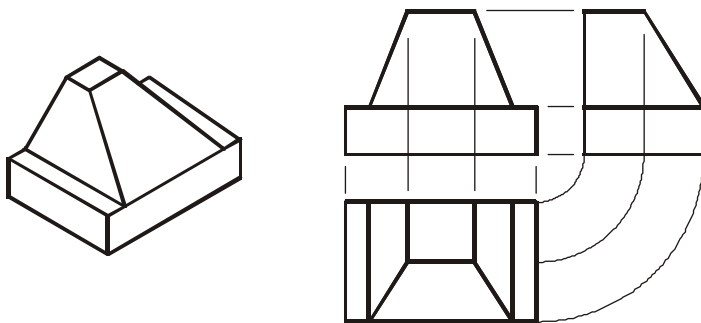



Figura 2.25

2 – Superfície Inclinada em Relação aos Três Planos de Projeção

As projeções resultantes nos três planos de projeção manterão a forma da superfície inclinada, contudo, não corresponderão à sua verdadeira grandeza.

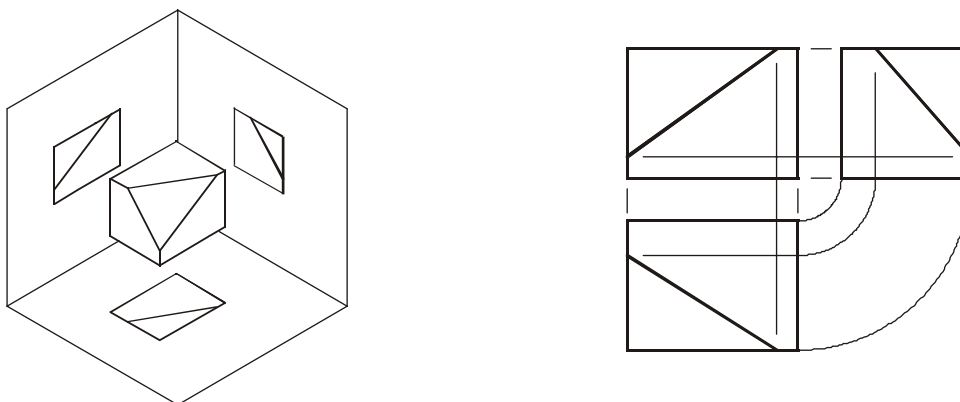



Figura 2.26

É importante ressaltar que, mesmo que as projeções resultantes não correspondam à verdadeira grandeza da superfície representada, seu contorno não sofre alterações, pois, em todas as vistas, uma determinada linha sempre manterá sua posição primitiva em relação as outras linhas que contornam a superfície inclinada. As Figuras 2.26 e 2.27 mostram exemplos de representação de superfícies inclinadas em relação aos três planos de projeção.

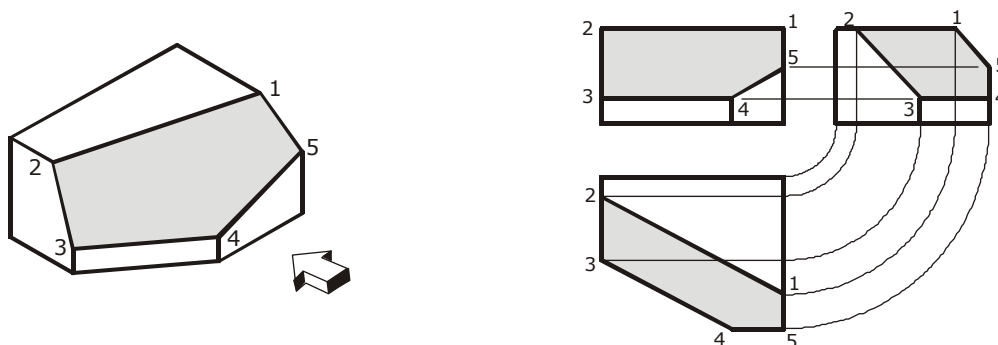
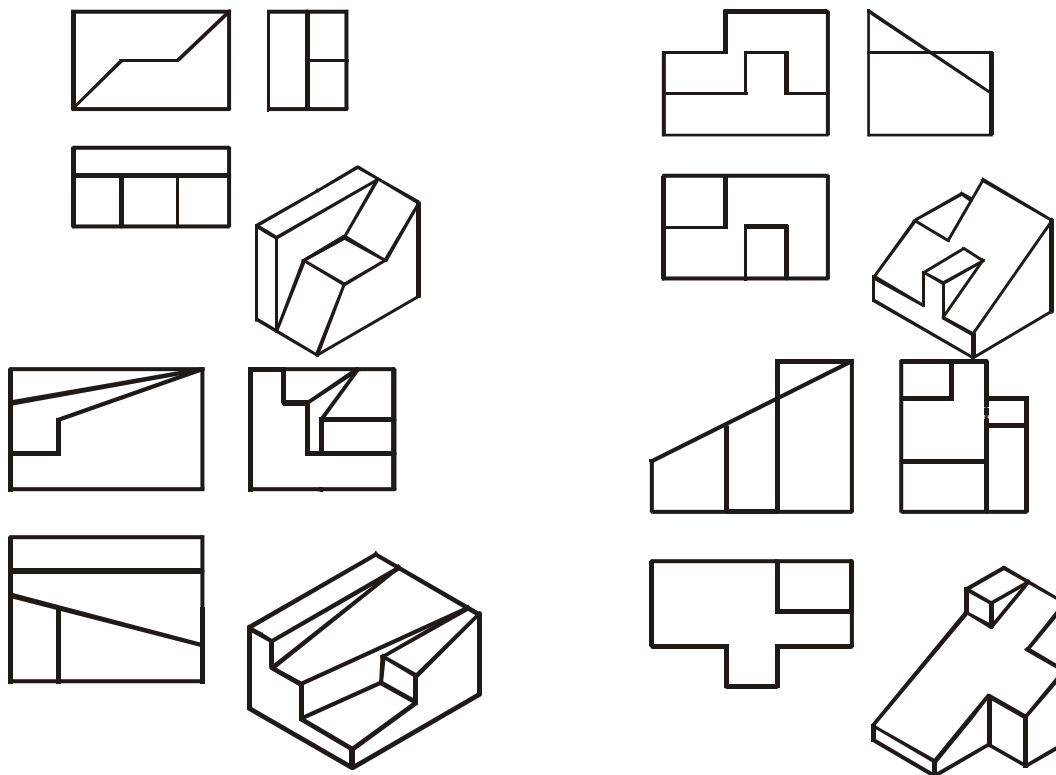
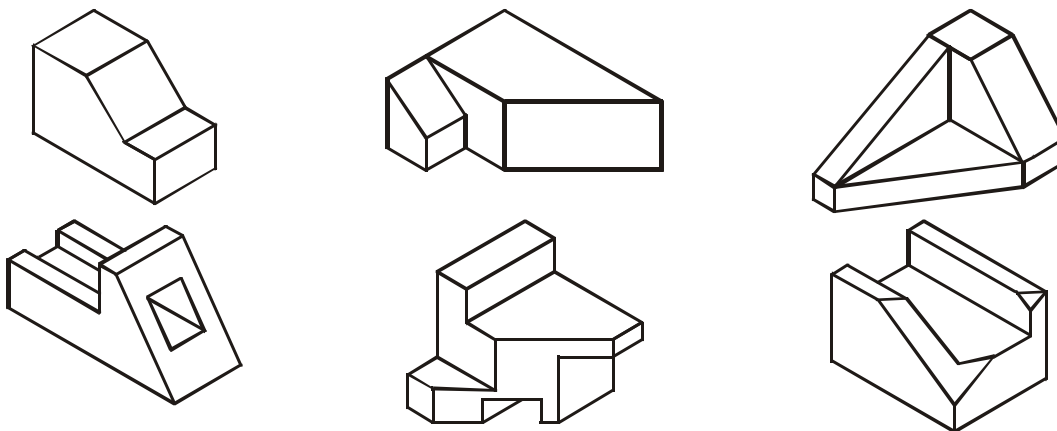



Figura 2.27

Na Figura 2.27 pode-se observar que o paralelismo existente entre as arestas representadas pelos segmentos de retas [(1,2) ; (3,4)] e [(1,5);(2,3)] são mantidos nas três projeções.

Exercícios Resolvidos com Superfícies Inclinadas

Exercícios Propostos

Desenhar, à mão livre, as três vistas de cada peça dada abaixo.

Representação de Superfícies Curvas

As Figuras 2.28, 2.29 e 2.30 mostram as projeções ortogonais de superfícies planas, circulares e paralelas a um dos três planos de projeção.

Observe que no plano paralelo à superfície, a projeção resultante mantém a forma e a verdadeira grandeza do círculo, enquanto nos outros dois planos a projeção resultante é um segmento de reta, cujo comprimento corresponde ao diâmetro do círculo.

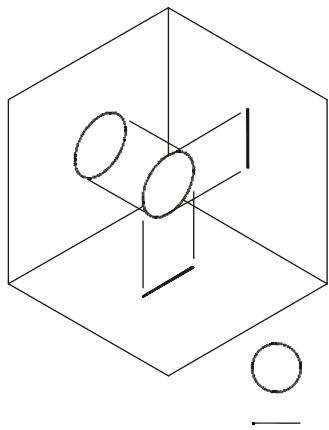
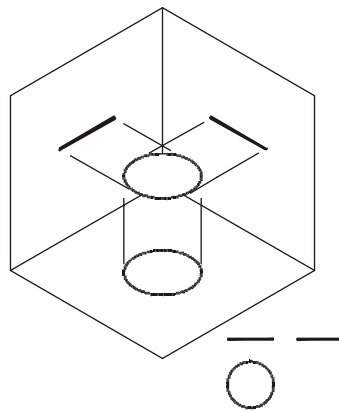



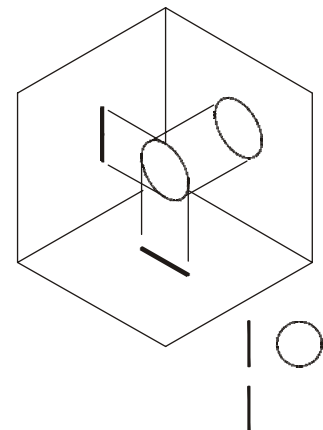
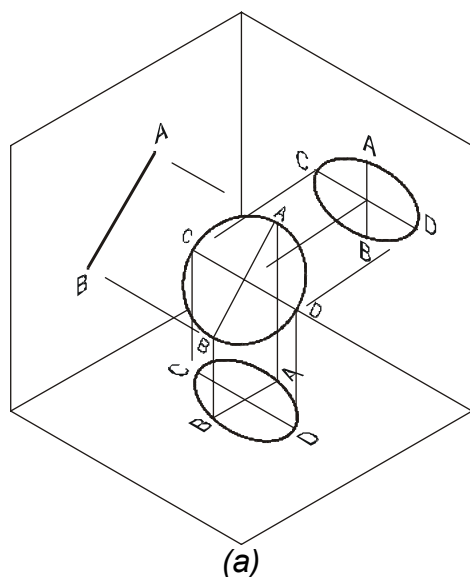
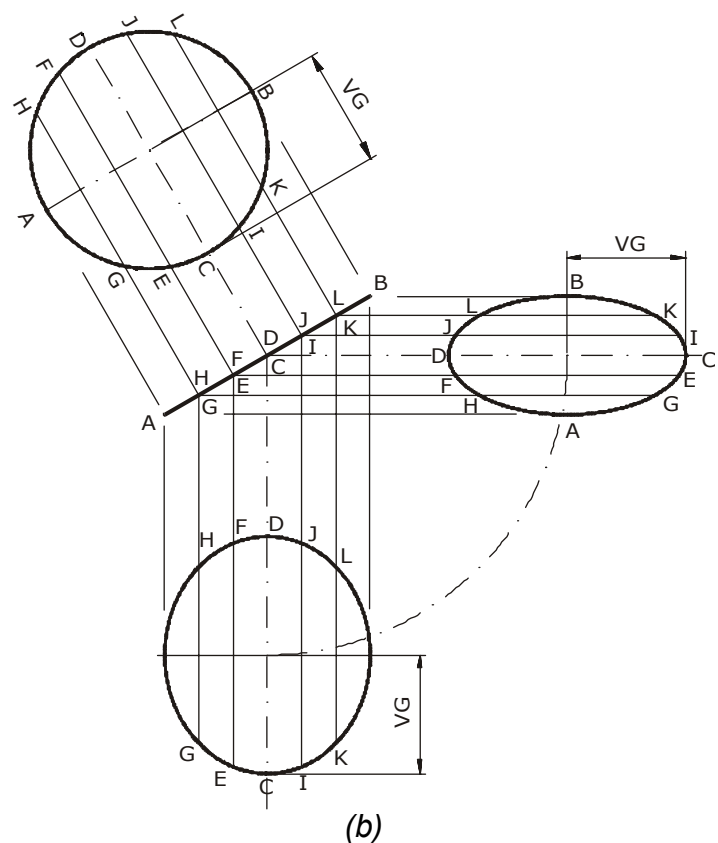
Figura 2.28 *Figura 2.29* *Figura 2.30*

Se a superfície circular não possuir paralelismo com nenhum dos três planos de projeção, mas for perpendicular em relação a um deles, as projeções resultantes terão dimensões em função do ângulo de inclinação da superfície.

(a)

(b)

Figura 2.31

No plano cuja superfície circular é perpendicular, a projeção resultante é um segmento de reta, cujo comprimento é igual ao diâmetro do círculo.

Nos outros planos, a projeção ortogonal diminui um dos eixos da superfície inclinada e, conseqüentemente, a figura circular é representada por uma elipse.

Na Figura 2.31(b), além das três vistas, é mostrada uma projeção auxiliar, executada em um plano de projeção paralelo à superfície inclinada, com a representação da forma e da verdadeira grandeza da superfície circular, onde foram identificados 12 pontos no contorno do círculo.

Na vista de frente, a superfície é representada por um segmento de reta, cujo comprimento corresponde à verdadeira grandeza do eixo central **AB**.

O eixo central **CD** aparece na vista de frente representado por um ponto, localizado no meio do segmento **AB**.

Nas vistas superior e lateral o eixo central **CD** aparece em sua verdadeira grandeza, enquanto o eixo central **AB** aparece reduzido, em conseqüência da projeção ortogonal e da inclinação da superfície.

Todas as cordas (**EF, GH, IJ** e **KL**), que são paralelas ao eixo central **CD,** também aparecem nas suas verdadeiras grandezas nas vistas superior e lateral.

A partir das projeções ortogonais dos planos circulares executa-se com facilidade as projeções ortogonais de corpos cilíndricos, como mostra a Figura 2.32

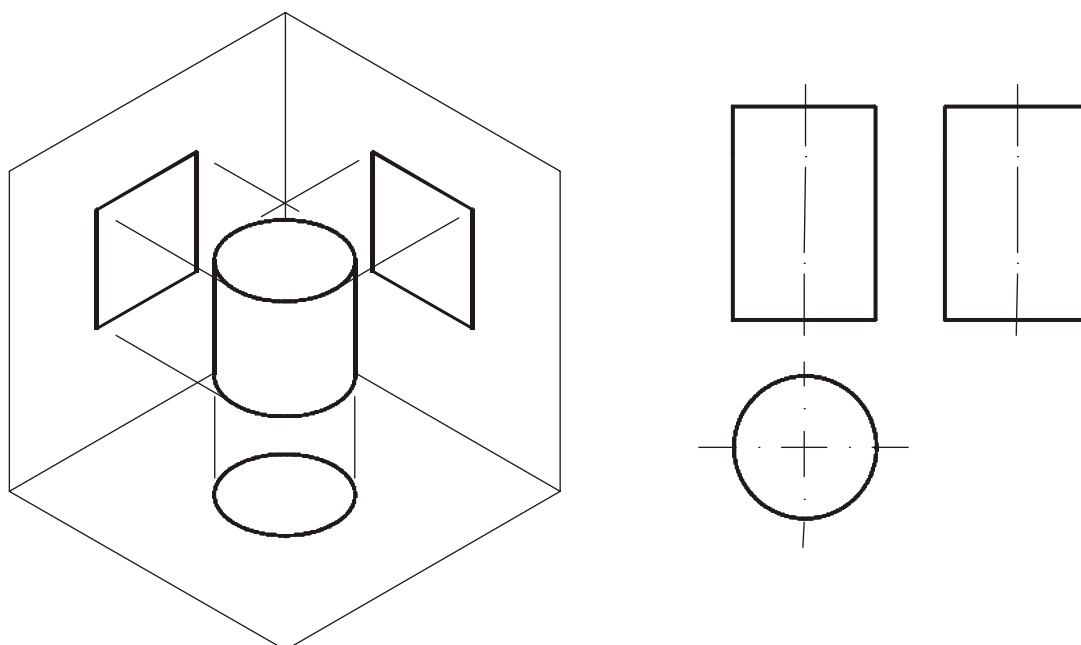



Figura 2.32

Como regra para representação, pode-se dizer que, quando não houver arestas, uma superfície curva gera linha na projeção resultante quando o raio da curva for perpendicular ao sentido de observação.

Se houver interseção da superfície curva com qualquer outra superfície, haverá aresta resultante e, onde tem interseção tem canto (aresta) e onde tem canto na peça, tem linha na projeção ortogonal.

A forma cilíndrica é muito comum de ser encontrada como furos. As Figuras 2.33 e 2.34 mostram a representação de peças com furos.

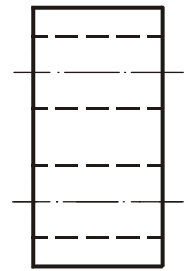
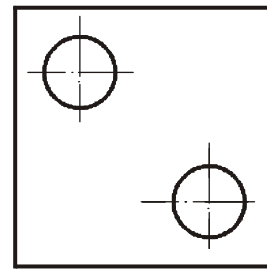
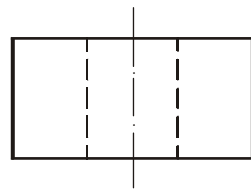
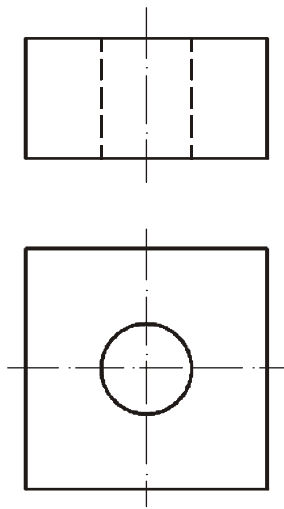



Figura 2.33

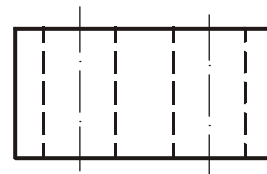



Figura 2.34

Linhas de Centro

Nos desenhos em que aparecem as superfícies curvas é utilizado um novo tipo de linha, composta de traços e pontos que é denominada linha de centro. As linhas de centro são usadas para indicar os eixos em corpos de rotação e também para assinalar formas simétricas secundárias.

As linhas de centro são representadas por traços finos separados por pontos (*o comprimento do traço da linha de centro deve ser de três a quatro vezes maior que o traço da linha tracejada).*

É a partir da linha de centro que se faz a localização de furos, rasgos e partes cilíndricas existentes nas peças.

Os desenhos da Figura 2.35 mostram aplicações das linhas de centro.

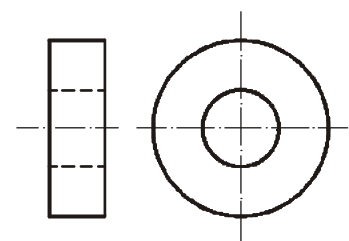
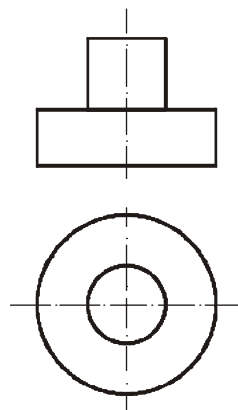
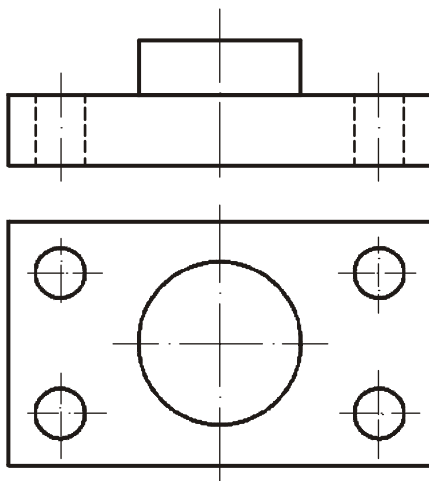
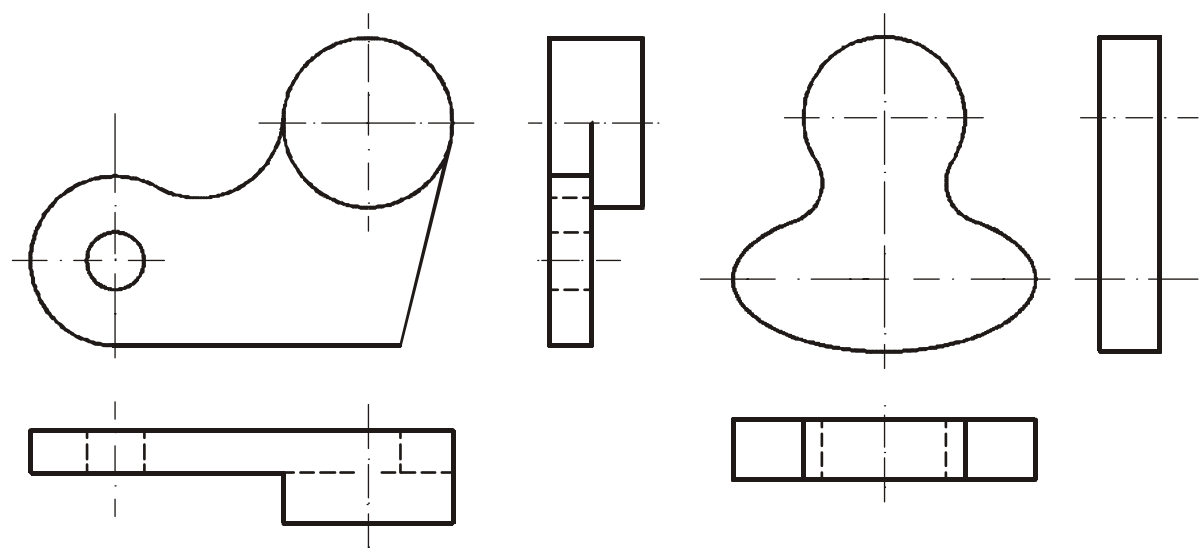
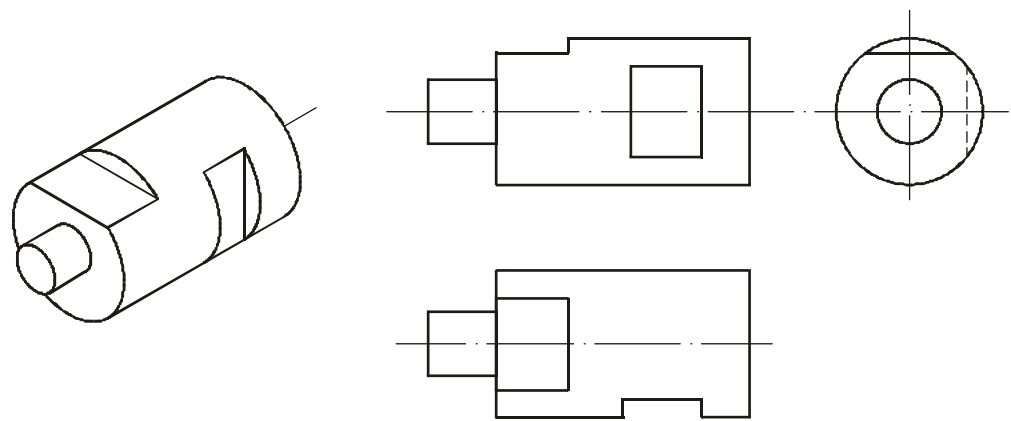
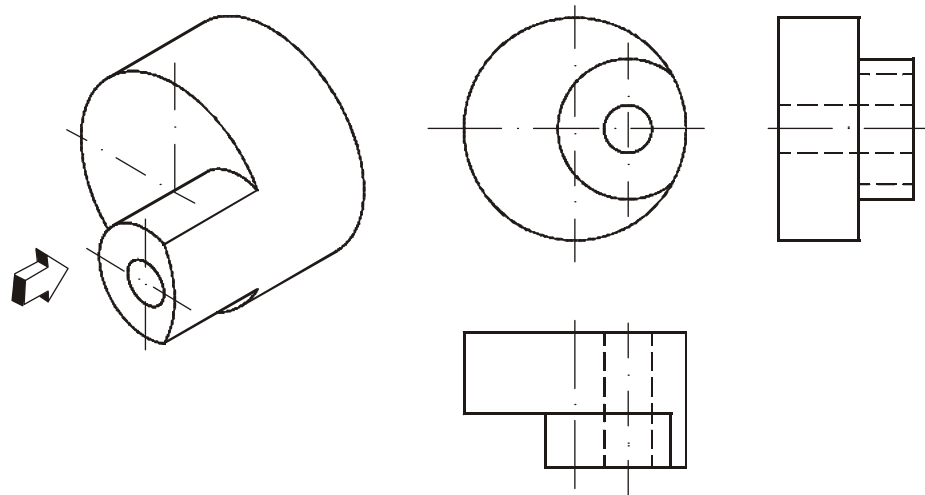



Figura 2.35

Exercícios Resolvidos - com Superfícies Curvas e Linhas de Centro

Representação de Arestas Coincidentes

Quando na tomada de vista, em um determinado sentido de observação, ocorrer a sobreposição de arestas (*superfícies coincidentes*), representa-se aquela que está mais próxima do observador.

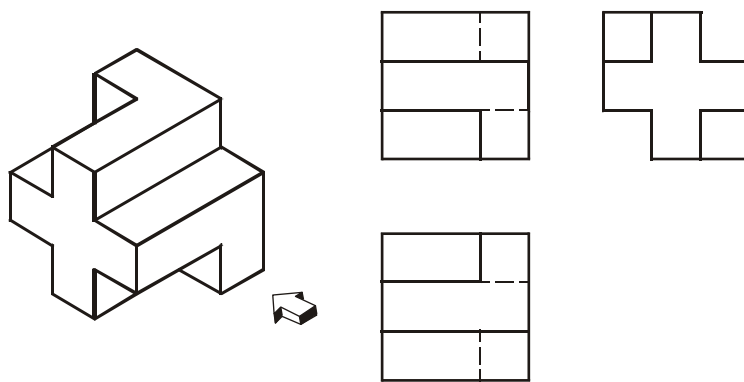
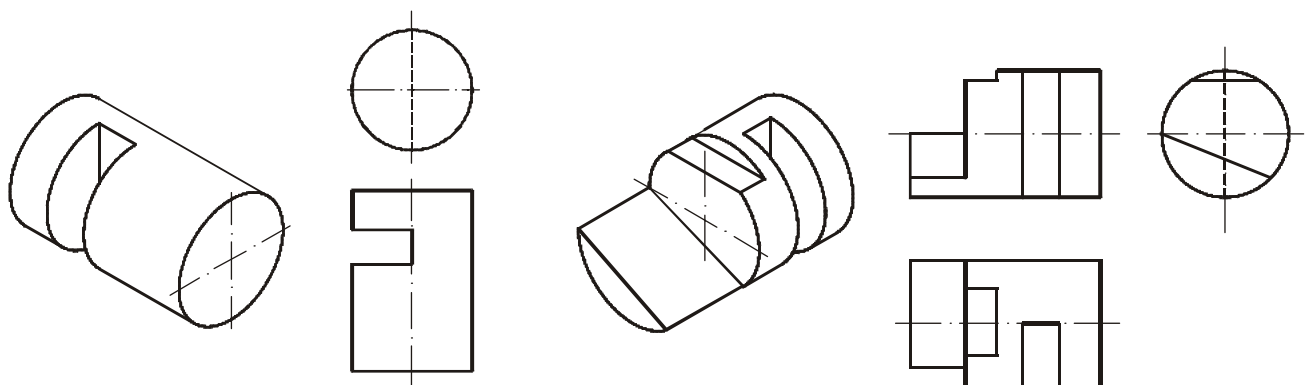
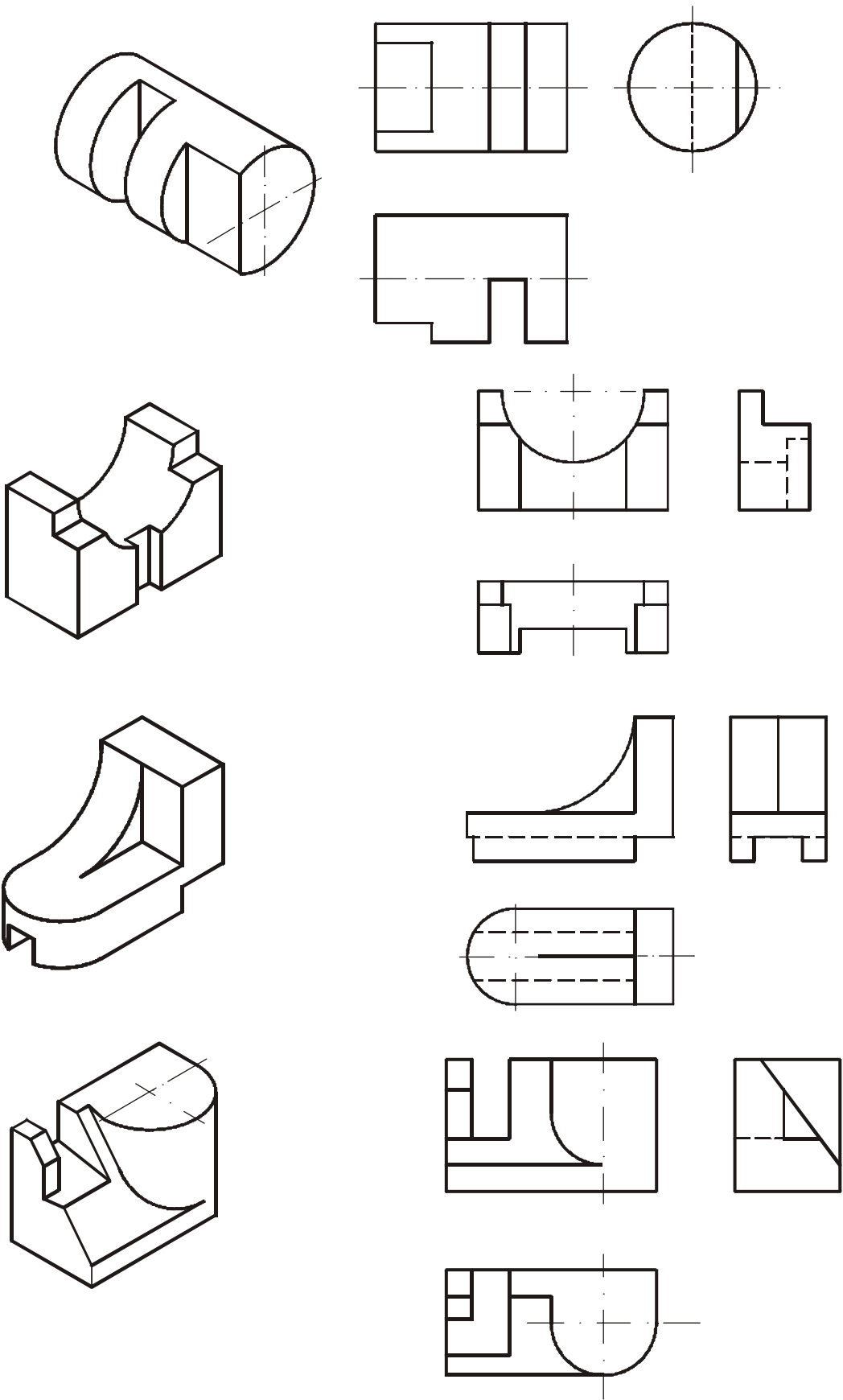
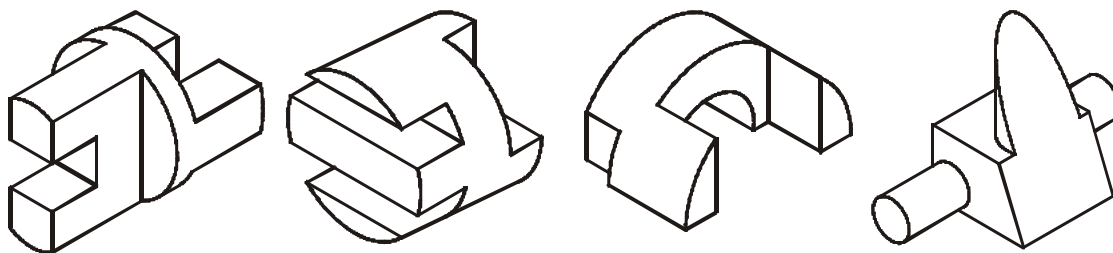



Figura 2.36

Da Figura 2.36 pode-se concluir que uma linha cheia, que representa uma superfície visível, sempre irá se sobrepor à uma linha tracejada, que representa uma superfície invisível. Ou seja, a linha cheia prevalece sobre a linha tracejada.

As linhas que representam arestas (*linha cheia ou linha tracejada*) prevalecem sobre as linhas auxiliares (*linha de centro*).

Exercícios Resolvidos – com Superfícies Curvas e Arestas Coincidentes

Exercícios Propostos

Dadas as perspectivas, desenhar os três vistas de cada peça, analisando os rebatimentos das suas superfícies.

Capítulo 3

SISTEMAS DE PROJEÇÕES ORTOGONAIS

Ângulos Diedros

A representação de objetos tridimensionais por meio de desenhos bidimensionais, utilizando projeções ortogonais, foi idealizada por Gaspar Monge no século XVIII. O sistema de representação criado por Gaspar Monge é denominado Geometria Descritiva.

Considerando os planos vertical e horizontal prolongados além de suas interseções, como mostra a Figura 3.1, dividiremos o espaço em quatro ângulos diedros (*que tem duas faces*). Os quatros ângulos são numerados no sentido anti-horário, e denominados 1º, 2º, 3º, e 4º Diedros.

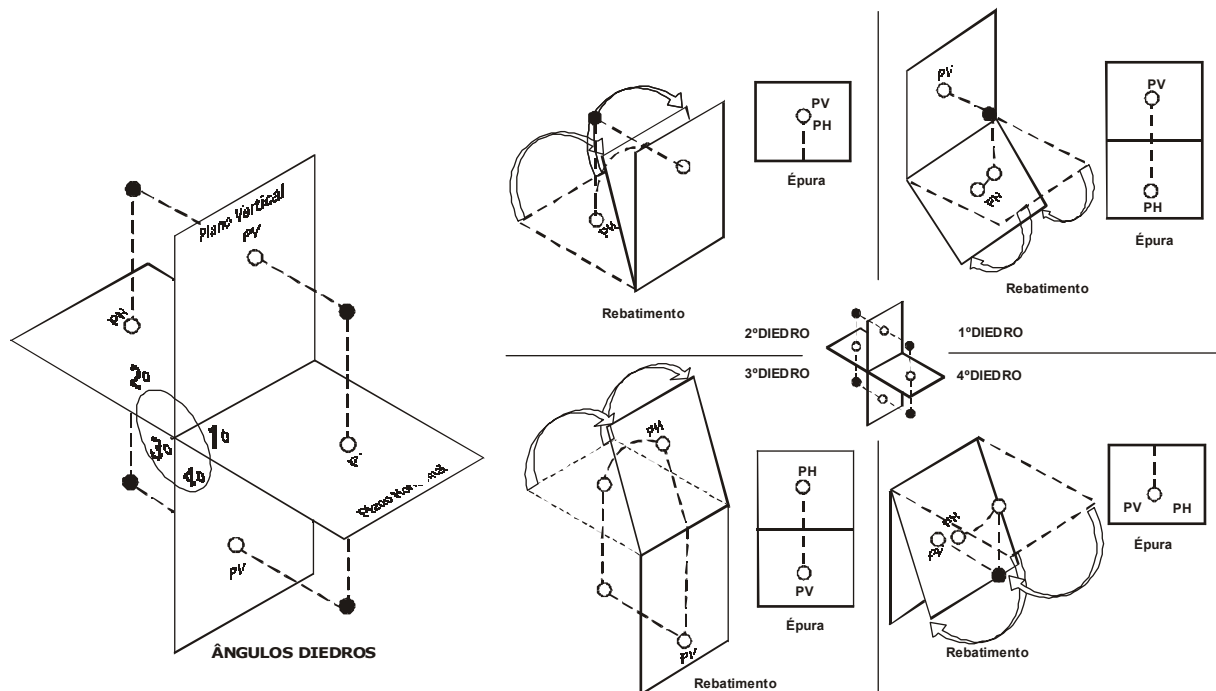



Figura 3.1

Utilizando os princípios da Geometria Descritiva, pode-se, mediante figuras planas, representar formas espaciais utilizando os rebatimentos de qualquer um dos quatro diedros.

Entretanto, para viabilizar o desenvolvimento industrial e facilitar o exercício da engenharia, foi necessário normalizar uma linguagem que, a nível internacional, simplifica o intercâmbio de informações tecnológicas.

Assim, a partir dos princípios da Geometria Descritiva, as normas de Desenho Técnico fixaram a utilização das projeções ortogonais somente pelos 1º e 3º diedros, criando pelas normas internacionais dois sistemas para representação de peças:

- sistema de projeções ortogonais pelo 1º diedro
- sistema de projeções ortogonais pelo 3º diedro

O uso de um ou do outro sistema dependerá das normas adotadas por cada país. Por exemplo, nos Estados Unidos da América (USA) é mais difundido o uso do 3º diedro; nos países europeus é mais difundido o uso do 1º diedro.

No Brasil é mais utilizado o 1º diedro, porém, nas indústrias oriundas dos USA, da Inglaterra e do Japão, poderão aparecer desenhos representados no 3º diedro.

Como as normas internacionais convencionaram, para o desenho técnico, o uso dos 1º e 3º diedros é importante a familiarização com os dois sistemas de representação.

A interpretação errônea de um desenho técnico poderá causar grandes prejuízos.

Projeções Ortogonais pelo 1º Diedro

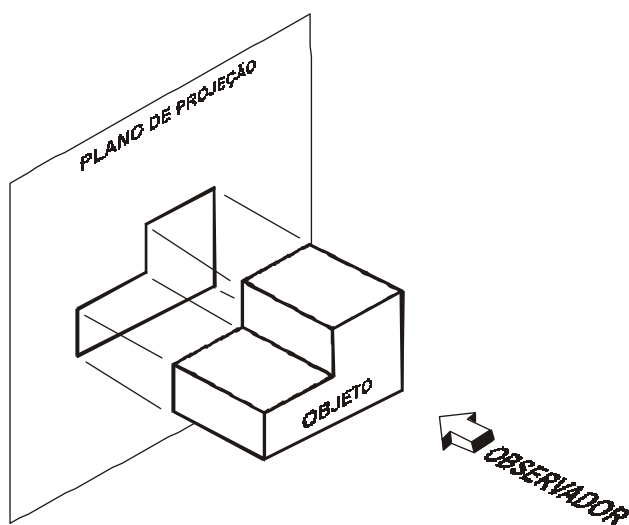



Figura 3.2

As projeções feitas em qualquer plano do 1º diedro seguem um princípio básico que determina que o objeto a ser representado deverá estar entre o observador e o plano de projeção, conforme mostra a Figura 3.2.

A partir daí, considerando o objeto imóvel no espaço, o observador pode vê-lo por seis direções diferentes, obtendo seis vistas da peça.

Ou seja, aplicando o princípio básico em seis planos circundando a peça, obtemos, de acordo com as normas internacionais, as vistas principais no 1º diedro.

Para serem denominadas vistas principais, as projeções têm de ser obtidas em planos perpendiculares entre si e paralelos dois a dois, formando uma caixa.

A Figura 3.3 mostra a peça circundada pelos seis planos principais, que posteriormente são rebatidos de modo a se transformarem em um único plano. Cada face se movimenta 90º em relação à outra.

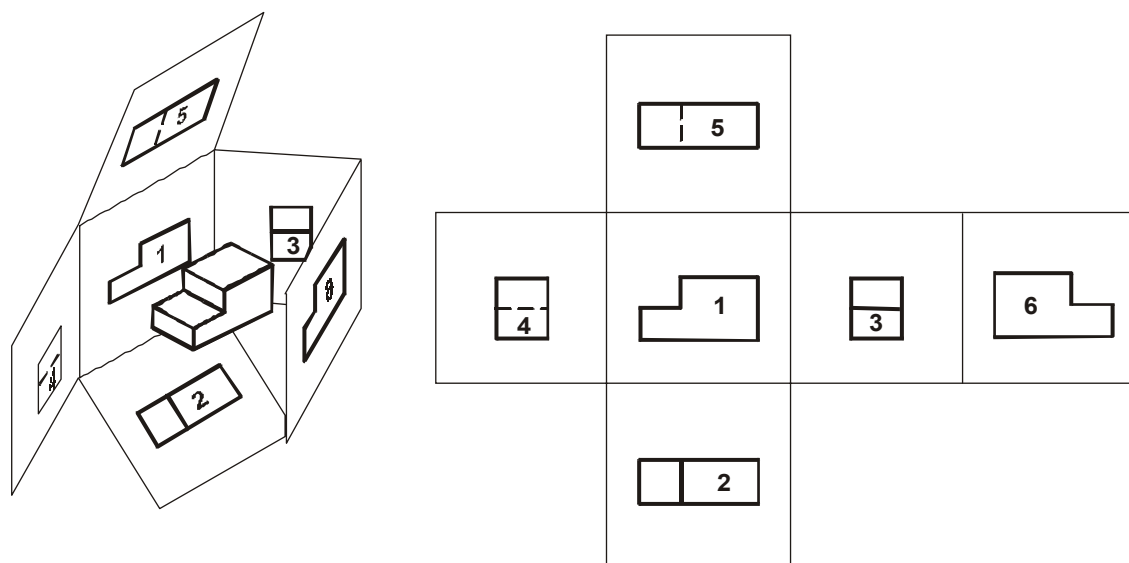



Figura 3.3

A projeção que aparece no plano 1(*Plano vertical de origem do 1º diedro*) é sempre chamada de vista de frente.

Em relação à posição da vista de frente, aplicando o princípio básico do 1º diedro, nos outros planos de projeção resultam nas seguintes vistas:

- Plano 1 – Vista de Frente ou Elevação – mostra a projeção frontal do objeto.
- Plano 2 – Vista Superior ou Planta – mostra a projeção do objeto visto por cima.
- Plano 3 – Vista Lateral Esquerda ou Perfil – mostra o objeto visto pelo lado esquerdo.
- Plano 4 – Vista Lateral Direita – mostra o objeto visto pelo lado direito.
- Plano 5 – Vista Inferior – mostra o objeto sendo visto pelo lado de baixo.
- Plano 6 – Vista Posterior – mostra o objeto sendo visto por trás.

A padronização dos sentidos de rebatimentos dos planos de projeção garante que no 1º diedro as vistas sempre terão as mesmas posições relativas.

Ou seja, os rebatimentos normalizados para o 1º diedro mantêm,em relação à vista de frente, as seguintes posições:

- a vista de cima fica em baixo;
- a vista de baixo fica em cima;
- a vista da esquerda fica à direita;
- a vista da direita fica à esquerda.

Talvez o entendimento fique mais simples, raciocinando-se com o tombamento do objeto. O resultado será o mesmo se for dado ao objeto o mesmo rebatimento dado aos planos de projeção.

A figura 3.4 mostra o tombamento do objeto.

Comparando com o resultado das vistas resultantes dos rebatimentos dos planos de projeção, pode-se observar:

- O lado superior do objeto aparece em baixo e o inferior em cima, ambos em relação à posição frente.
- O lado esquerdo do objeto aparece à direita da posição de frente, enquanto o lado direito está à esquerda do lado da frente.

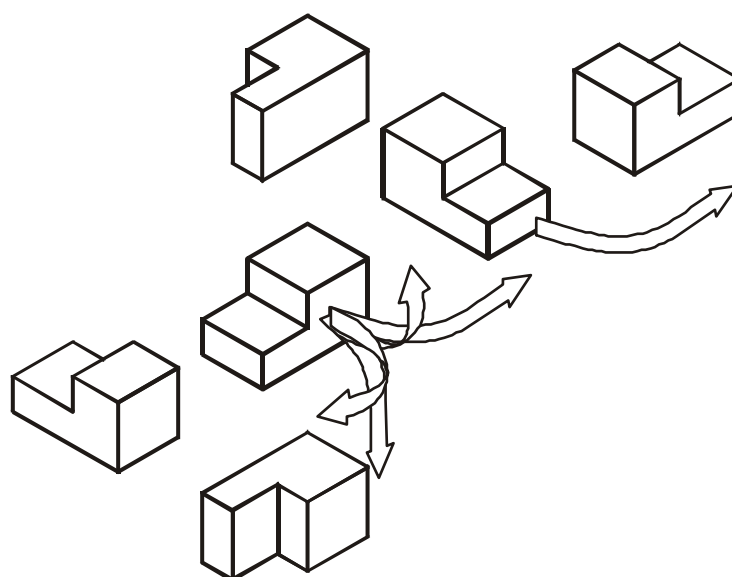



Figura 3.4

A Figura 3.5 mostra o desenho final das seis vistas.

Observe que não são colocados os nomes das vistas, bem como não aparecem as linhas de limite dos planos de projeções.

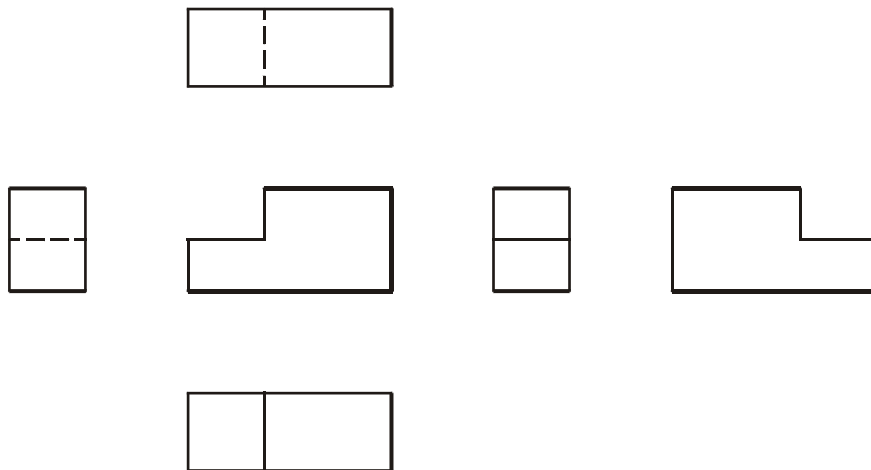



Figura 3.5

É importante olhar para o desenho sabendo que as vistas, apesar de serem desenhos bidimensionais, representam o mesmo objeto visto por diversas posições.

Com a consciência de que em cada vista existe uma terceira dimensão escondida pela projeção ortogonal; partindo da posição definida pela vista de frente e sabendo a disposição final convencionada para as outras vistas, é possível entender os tombos (*rebatimentos*) efetuados no objeto.

Outra conseqüência da forma normalizada para obtenção das vistas principais do 1º diedro é que as vistas são alinhadas horizontalmente e verticalmente.

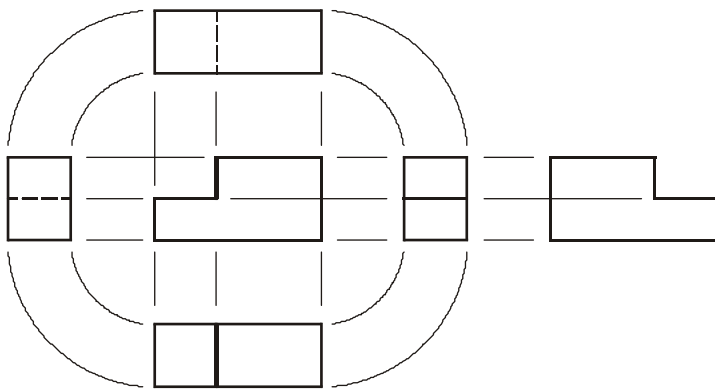
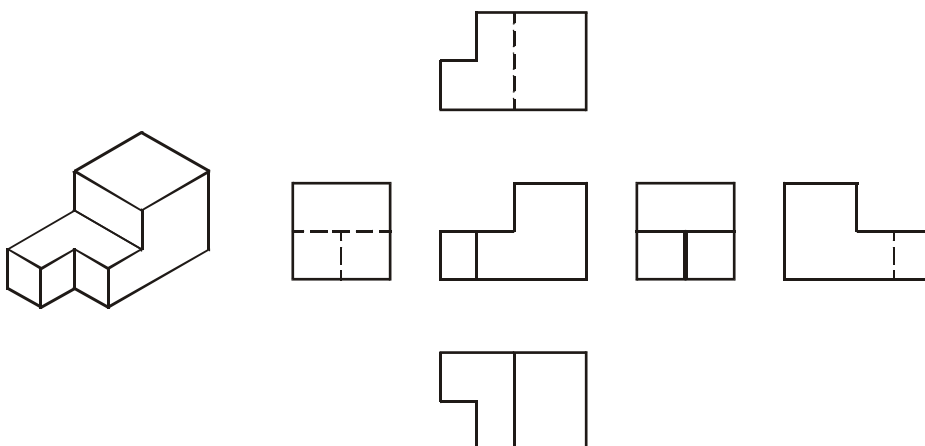



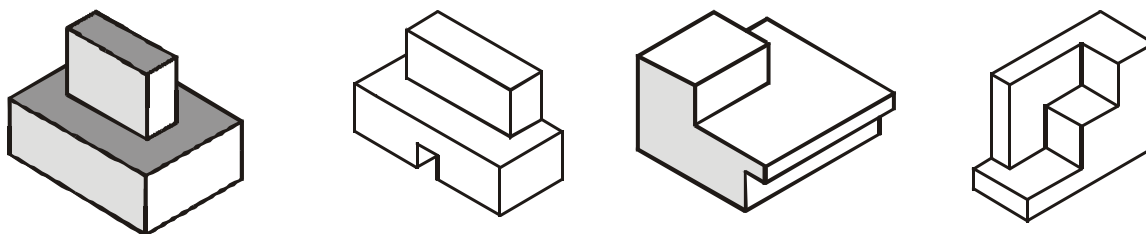
Figura 3.6

Para facilitar a elaboração de esboços, como as distâncias entre as vistas devem ser visualmente iguais, pode-se relacionar as dimensões do objeto nas diversas vistas, conforme mostra a Figura 3.6.

Verticalmente relacionam-se as dimensões de comprimento, horizontalmente relacionam-se as dimensões de altura e os arcos transferem as dimensões de largura.

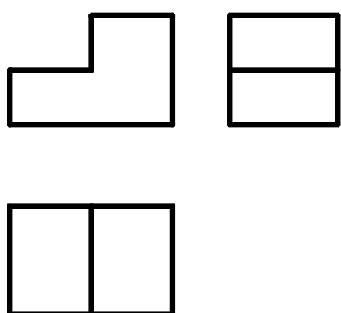
Exercício Resolvido

Exercícios Propostos

Ainda que dificilmente ocorra a necessidade de se desenhar todas as vistas principais de uma peça, é importante fazer os exercícios propostos para desenvolver a habilidade de raciocinar com os rebatimentos.

Procure analisar os rebatimentos de todas as superfícies que compõem cada peça.

Escolha das Vistas

Dificilmente será necessário fazer seis vistas para representar qualquer objeto. Porém, quaisquer que sejam as vistas utilizadas, as suas posições relativas obedecerão às disposições definidas pelas vistas principais.

Na maioria dos casos, o conjunto formado pelas vistas de frente, vista superior e uma das vistas laterais é suficiente para representar, com perfeição, o objeto desenhado.

Figura 3.7

No 1º diedro é mais difundido o uso da vista lateral esquerda, resultando no conjunto preferencial composto pelas vistas de frente, superior e lateral esquerda, que também são chamadas, respectivamente, de elevação, planta e perfil, mostradas na Figura 3.7.

Na prática, devido à simplicidade de forma da maioria das peças que compõem as máquinas e equipamentos, são utilizadas somente duas vistas.

Em alguns casos, com auxílio de símbolos convencionais, é possível definir a forma da peça desenhada com uma única vista.

Não importa o número de vistas utilizadas, o que importa é que o desenho fique claro e objetivo.

O desenho de qualquer peça, em hipótese alguma, pode dar margem a dupla interpretação.

O ponto de partida para determinar as vistas necessárias é escolher o lado da peça que será considerado como frente. Normalmente, considerando a peça em sua posição de trabalho ou de equilíbrio, toma-se como frente o lado que melhor define a forma da peça. Quando dois lados definem bem a forma da peça, escolhe-se o de maior comprimento.

Feita a vista de frente faz-se tantos rebatimentos quantos forem necessários para definir a forma da peça.

Na Figura 3.8, considerando como frente a direção indicada, as três vistas preferenciais do 1º diedro são suficientes para representar o objeto. Observe no

conjunto de seis vistas que as outras três vistas, além de apresentarem partes ocultas, são desnecessárias na definição da forma do objeto.

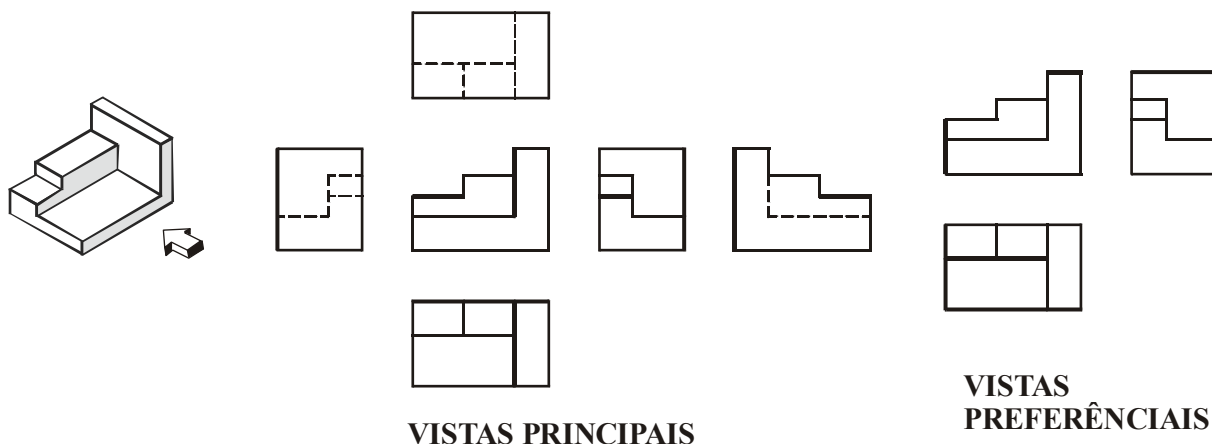



Figura 3.8

Na Figura 3.9, considerando a frente indicada no objeto, o conjunto formado pelas vistas de frente, superior e lateral direita é o que melhor representa a peça. Na vista lateral esquerda aparecem linhas tracejadas, que devem ser evitadas.

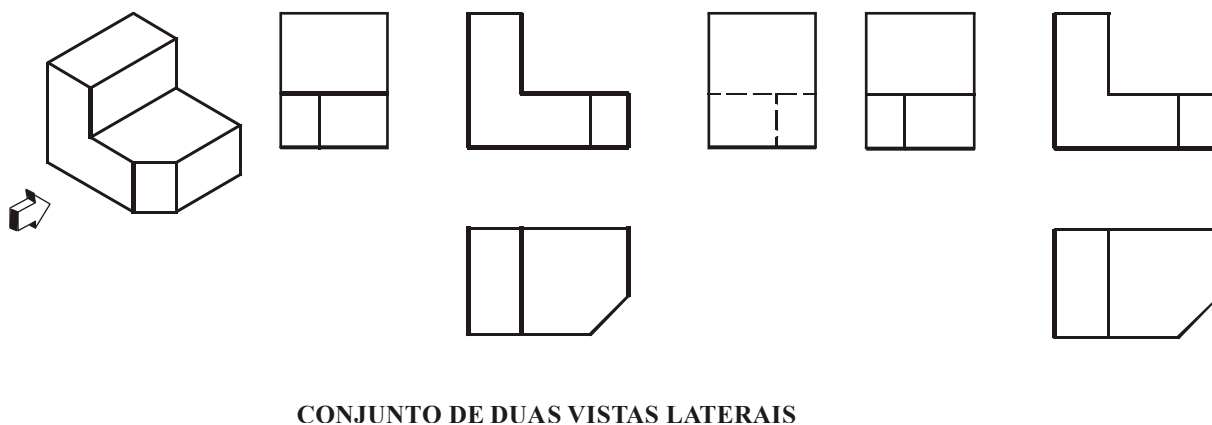



Figura 3.9

Quando a vista de frente for uma figura simétrica, conforme mostra a Figura 3.10, teoricamente poderia utilizar qualquer uma das vistas laterais, porém deve-se utilizar a vista lateral esquerda para compor o conjunto das vistas preferenciais.

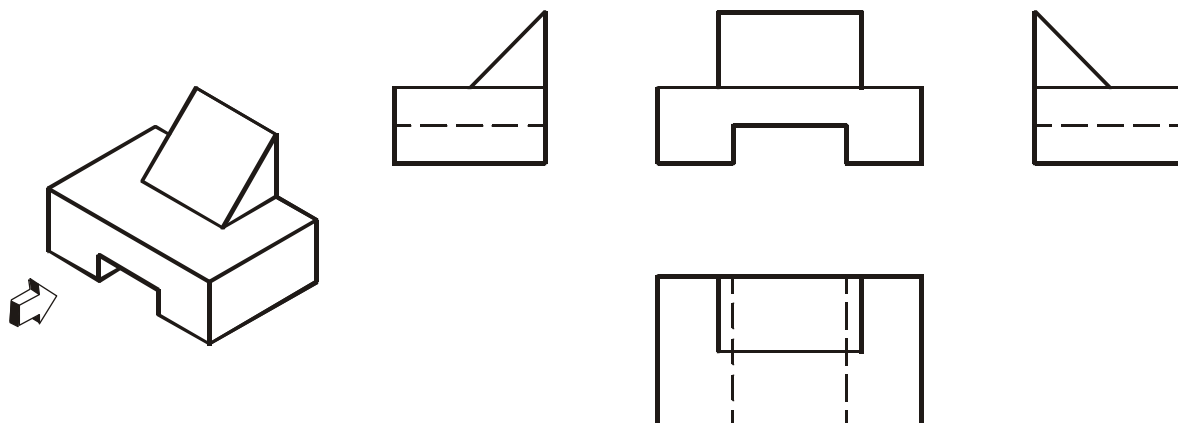



Figura 3.10

É preciso ter muito cuidado com a escolha das vistas, porque o uso de vistas inadequadas pode levar a soluções desastrosas.

A Figura 3.11 mostra que as duas vistas escolhidas em 3.11 (a) podem representar qualquer uma das peças mostradas em 3.11 (b) se considerarmos os sentidos de observação indicados no paralelepípedo.

(a) *(b)*

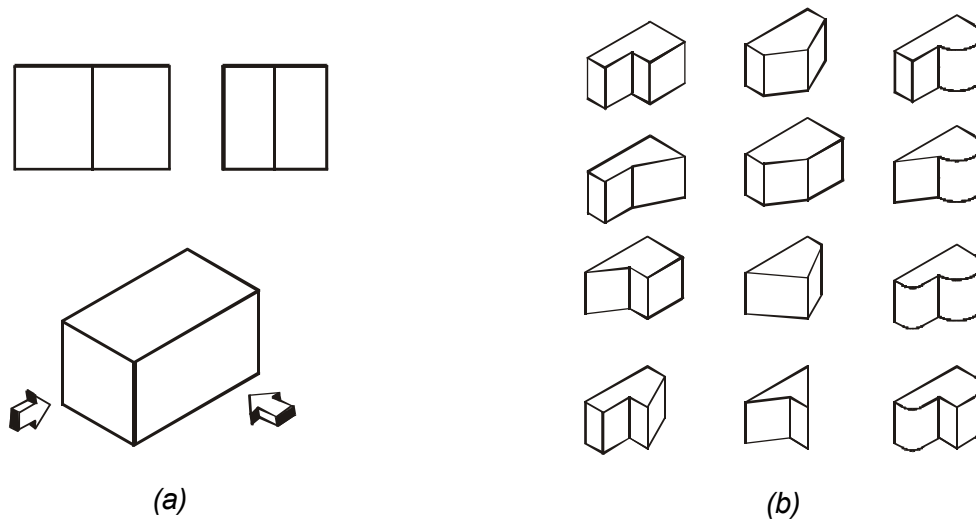



Figura 3.11

Ainda que pareça que o problema está resolvido, a solução pode ser enganosa como é mostrado na Figura 3.12. As duas vistas escolhidas em 3.12 (a) podem corresponder a qualquer uma das quatro peças mostradas em 3.12 (b).

(a) *(b)*

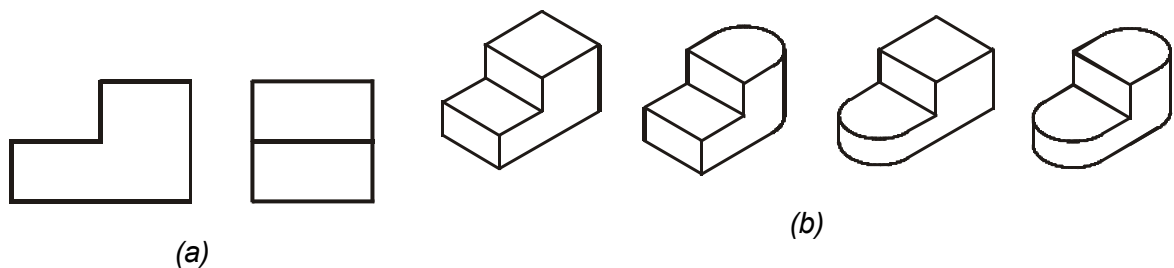
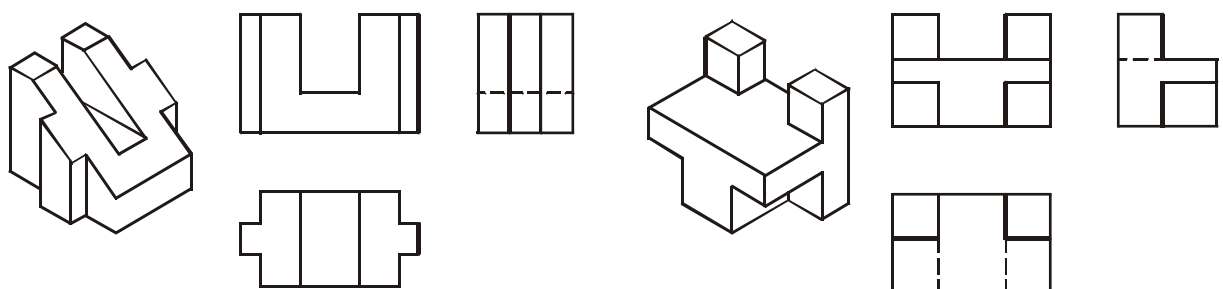



Figura 3.12

As vistas precisam ser escolhidas de modo que o desenho defina fielmente a forma da peça e que, em hipótese nenhuma, dê margem a dupla interpretação.

Exercícios Resolvidos

Exercícios Propostos

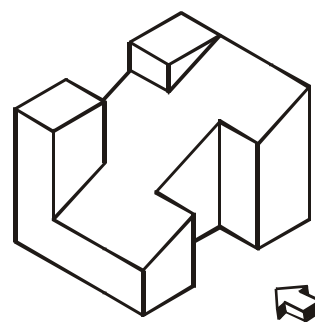
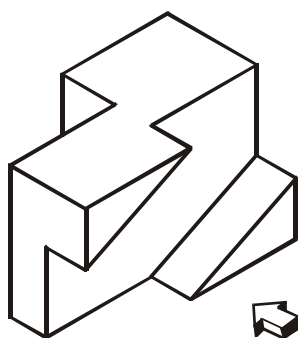
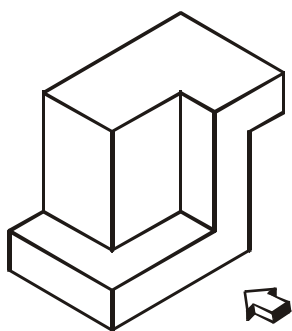
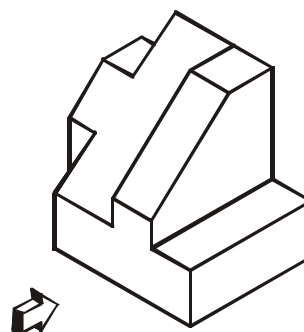
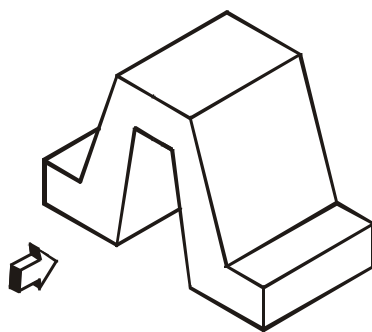
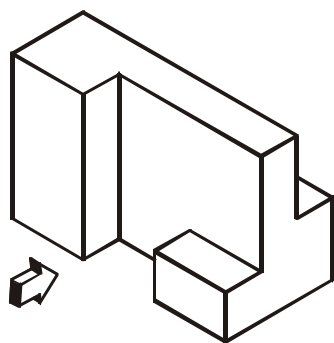
Dadas as perspectivas faça o esboço das três vistas que melhor representam as peças.

Para desenvolver a visão espacial todo o esforço deve ser concentrado na automação do raciocínio para os rebatimentos convencionados do 1º diedro.

A automação do raciocínio para os rebatimentos significa que, quando se olha para um conjunto de vistas deve-se, automaticamente, estar associando (enxergando) a peça, ou as superfícies que a compõem, em suas diferentes posições.

Na maioria das vezes não se consegue enxergar todos os detalhes da peça, mas é possível analisar individualmente cada superfície, e entender suas posições espaciais em cada vista.

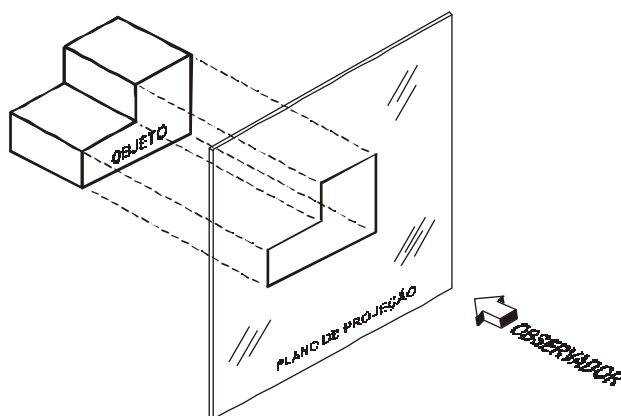
Visando ajudar o desenvolvimento da visão espacial, os exercícios propostos devem ser resolvidos seguindo a seguinte metodologia:

1. *Considerando a direção indicada, olhando para a perspectiva, faça o desenho da vista de frente;*
2. *Não se esqueça que o desenho da vista de frente, apesar de ser bidimensional, representa uma peça tridimensional e existe uma terceira dimensão que está escondida pelas projeções ortogonais;*
3. *Olhando para a vista de frente mas com o sentimento da forma espacial da peça, sem olhar para as perspectivas, faça a vista superior.*
4. *Confira as duas vistas com a perspectiva dada; e*
5. *Também sem olhar para a perspectiva, a partir da vista de frente, desenhe a vista lateral mais conveniente.*

Projeções Ortogonais pelo 3º Diedro

Assim como no 1° diedro, qualquer projeção do 3º diedro também segue um princípio básico.

Para fazer qualquer projeção no 3º diedro, o plano de projeção deverá estar posicionado entre o observador e o objeto, conforme mostra a Figura 3.13.

Figura 3.13

O plano de projeção precisa ser transparente (*como uma placa de vidro*) e o observador, por trás do plano de projeção, puxa as projetantes do objeto para o plano.

As vistas principais são obtidas em seis planos perpendiculares entre si e paralelos dois a dois, como se fosse uma caixa de vidro e, posteriormente, rebatidos de modo a formarem um único plano.

A Figura 3.14 mostra os rebatimentos dos planos que compõem a caixa de vidro, onde cada plano se movimenta 90º em relação ao outro.

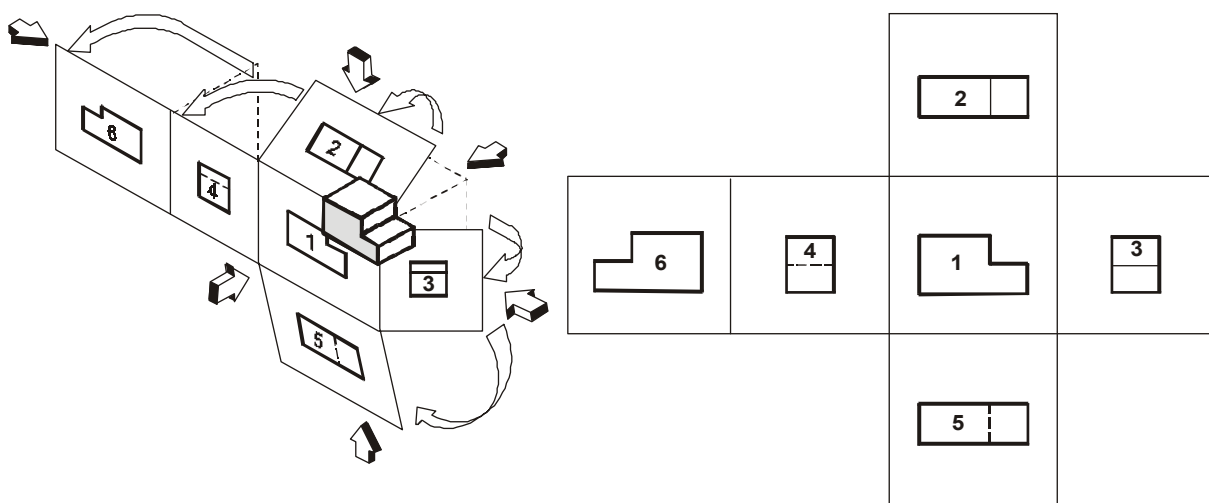



Figura 3.14

Da mesma forma que no 1° diedro, a projeção que é representada no plano 1 corresponde ao lado da frente da peça.

Deste modo, considerando o princípio básico e os rebatimentos dados aos planos de projeção, têm-se as seguintes posições relativas das vistas:

- Plano 1 – Vista de Frente – mostra a projeção frontal do objeto.
- Plano 2 – Vista Superior – mostra a projeção do objeto visto por cima.
- Plano 3 – Vista Lateral Direita – mostra o objeto visto pelo lado direito.
- Plano 4 – Vista Lateral Esquerda – mostra o objeto visto pelo lado esquerdo.
- Plano 5 – Vista Inferior – mostra o objeto sendo visto pelo lado de baixo.
- Plano 6 – Vista Posterior – mostra o objeto sendo visto por trás.

A Figura 3.15 mostra as vistas principais resultantes das projeções na caixa de vidro e também os tombamentos que devem ser dados à peça para obter o mesmo resultado.

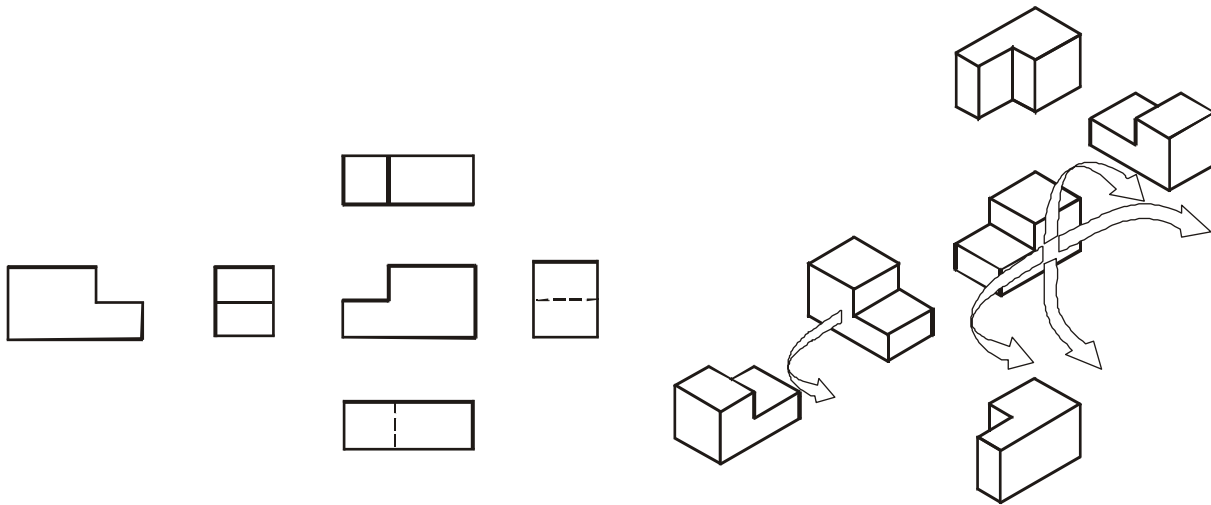



Figura 3.15

No 3° diedro as vistas mais utilizadas, que acabam se constituindo nas vistas preferenciais, são o conjunto formado pelas vistas de frente, superior e lateral direita. A Figura 3.16 mostra as vistas principais e as vistas preferenciais do 3º diedro.

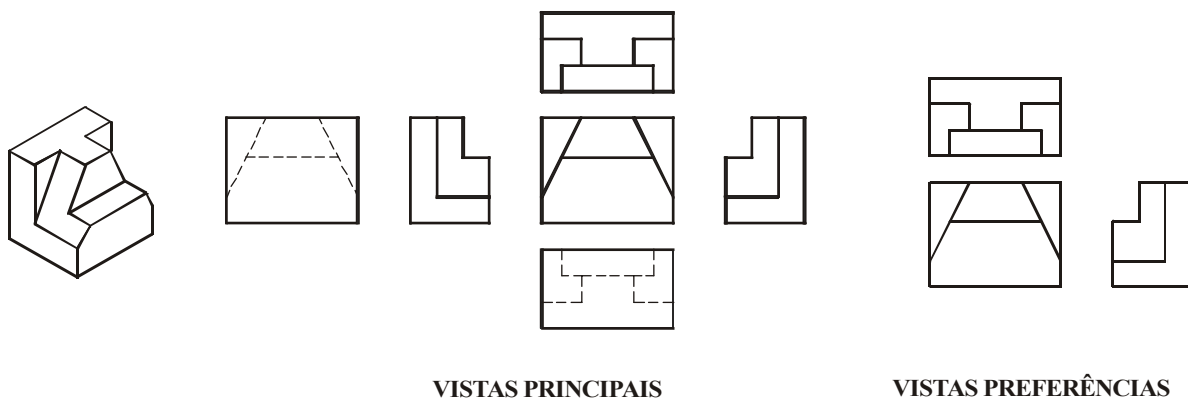
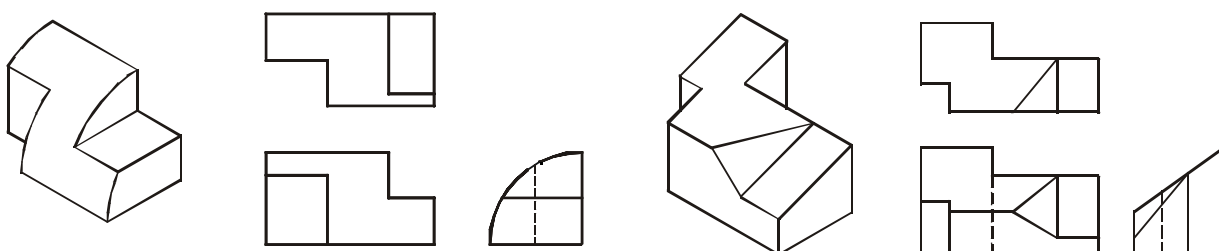
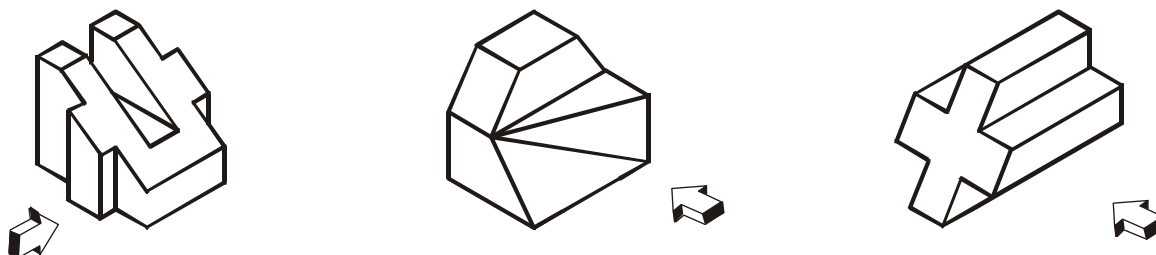



Figura 3.16

Exercícios Resolvidos

Analise as projeções das peças abaixo e procure entender os rebatimentos convencionados para o 3° diedro.

Exercícios Propostos

Tome como vistas de frente as direções indicadas e, analisando cuidadosamente os rebatimentos, faça o esboço das seis vistas principais de cada peça dada.

Comparações entre as Projeções do 1° e do 3° Diedros

Visando facilitar o estudo e o entendimento dos dois sistemas de projeções ortogonais, normalizados como linguagem gráfica para o desenho técnico, serão realçadas as diferenças e as coincidências existentes entre o 1º e o 3º diedros a seguir.

1 - Quanto à vista de Frente

Tanto no 1° como no 3° diedro, deve-se escolher como frente o lado que melhor representa a forma da peça, respeitando sua posição de trabalho ou de equilíbrio.

2 – Quanto às Posições relativas das vistas

A Figura 3.17 mostra as vistas principais do 1° e do 3° diedros. Para facilitar a comparação, nos dois casos, a vista de frente corresponde ao mesmo lado do objeto. Como é mantida a mesma frente, conseqüentemente, todas as outras vistas são iguais, modificando somente as suas posições relativas.

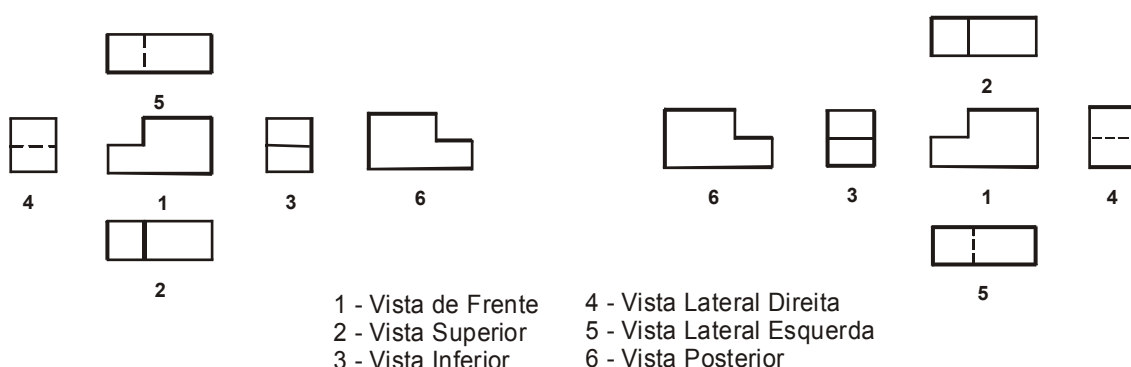



Figura 3.17

POSIÇÕES RELATIVAS À VISTA DE FRENTE

1º Diedro	*3º Diedro*
A vista superior fica embaixo	A vista superior fica em cima
A vista inferior fica em cima	A vista inferior fica embaixo
A vista lateral direita fica à esquerda	A vista lateral direita fica à direita
A vista lateral esquerda fica à direita	A vista lateral esquerda fica à esquerda

As figuras 3.18 e 3.19 fazem respectivamente a comparação dos sentidos dos rebatimentos dos planos de projeções e dos tombamentos do objeto.

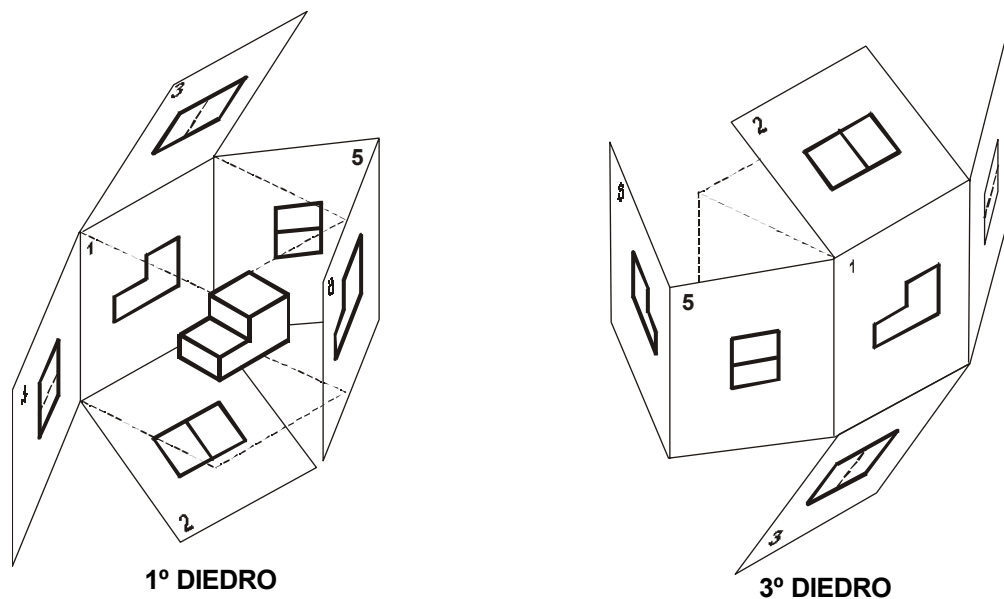



Figura 3.18

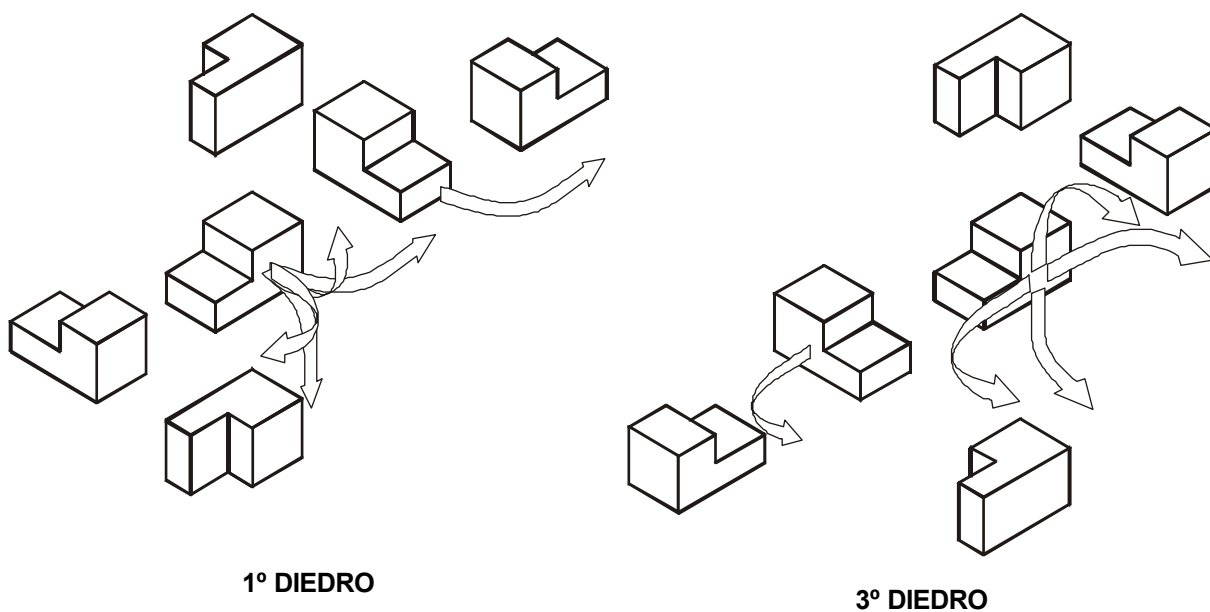



Figura 3.19

Observe que no 1º diedro, olha-se a peça por um lado e desenha-se o que se está vendo do outro lado, enquanto no terceiro diedro, o que se está vendo é desenhado no próprio lado donde se está olhando a peça.

Não se pode esquecer que cada projeção ortogonal representa o objeto em uma determinada posição e, assim sendo, no 1º diedro qualquer projeção ortogonal corresponde àquilo que é visto pelo outro lado da projeção que estiver ao seu lado. Da mesma forma, no 3º diedro qualquer projeção ortogonal corresponde àquilo que é visto na direção da projeção que estiver ao seu lado.

Para facilitar o entendimento das inversões dos rebatimentos, as Figuras 3.20, 3.21 e 3.23 comparam os rebatimentos do 1º e do 3° diedros.

Das vistas superior e inferior

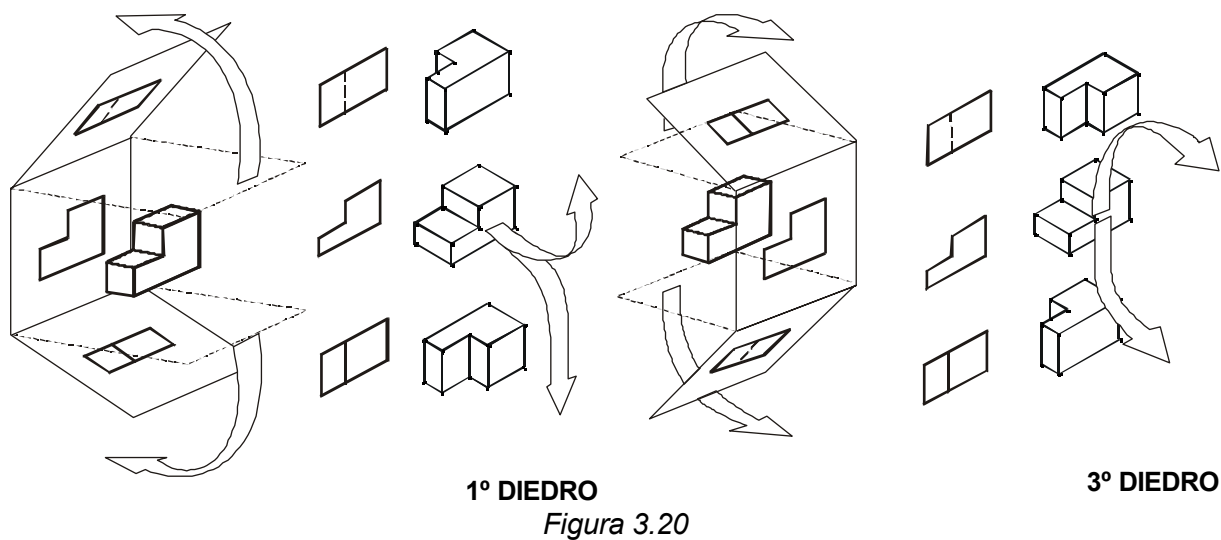



Figura 3.20

Das vistas laterais

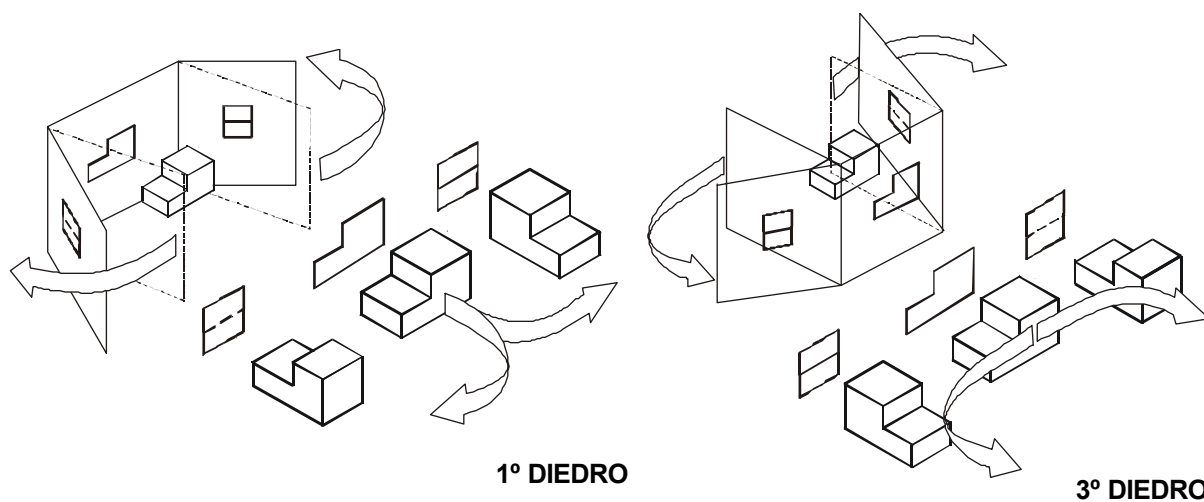



Figura 3.21 *Figura 3.22*

Para desenvolver habilidade na interpretação de desenhos técnicos é necessário associar, automaticamente, o conjunto de vistas com os rebatimentos que a peça sofreu.

Em função de uma maior utilização, deve ser dada maior ênfase no estudo dos rebatimentos formados pelas vistas preferenciais. A Figura 3.23 mostra a comparação destes rebatimentos.

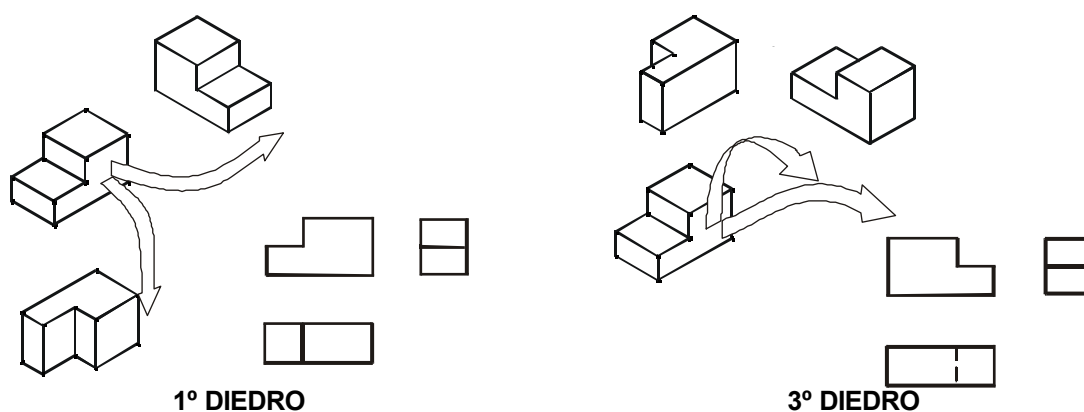



Figura 3.23

Na Figura 3.23, no 3º diedro, o objeto seria mais bem representado se fosse utilizado como frente o lado de trás da peça porque eliminaria a linha tracejada na vista lateral direita.

Respeitando a posição de equilíbrio ou a posição de trabalho da peça, toma-se como frente um lado que defina a forma da peça e que também resulte em um conjunto de vistas com o menor número possível de arestas ocultas.

A Figura 3.24 mostra as vistas principais no 1° e no 3° diedros obtidas a partir da mesma vista de frente (*direção indicada na perspectiva*).

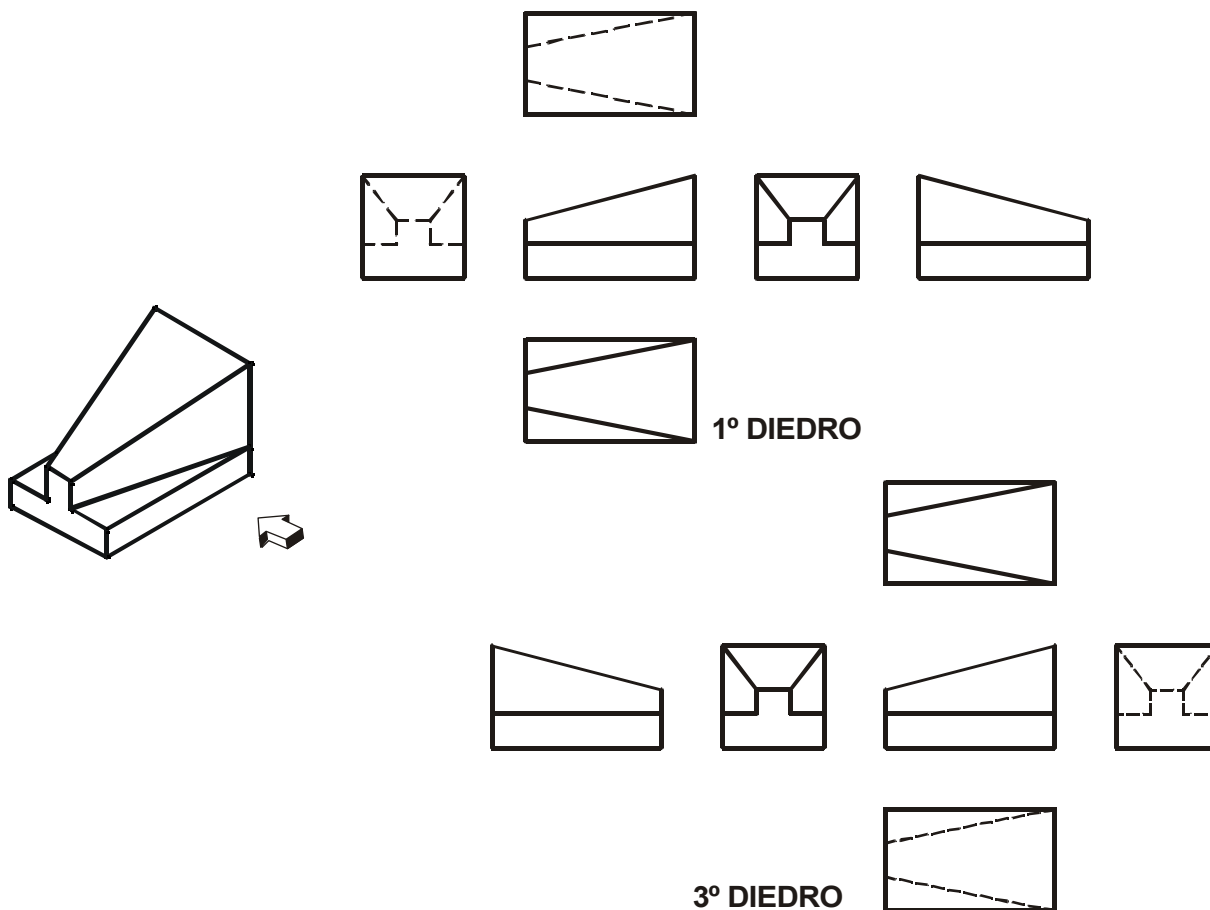



Figura 3.24

Para utilizar o conjunto de vistas preferenciais e ao mesmo tempo minimizar as linhas tracejadas é necessário modificar os lados tomados como frente, conforme mostra a Figura 3.25.

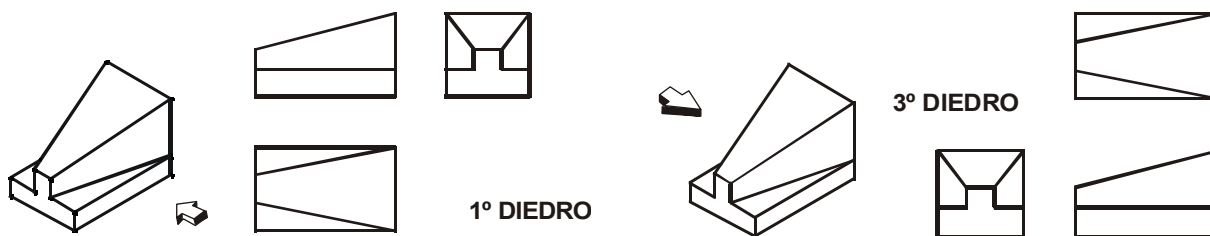



Figura 3.25

De acordo com as normas internacionais, na execução de desenhos técnicos, pode-se utilizar tanto o 1º como o 3° diedros.

Para facilitar a interpretação do desenho é recomendado que se faça a indicação do diedro utilizado na representação. A indicação pode ser feita

escrevendo o nome do diedro utilizado, como mostrado na Figura 3.25 ou utilizando os símbolos da Figura 3.26.

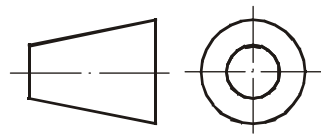
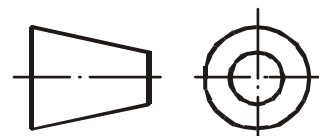
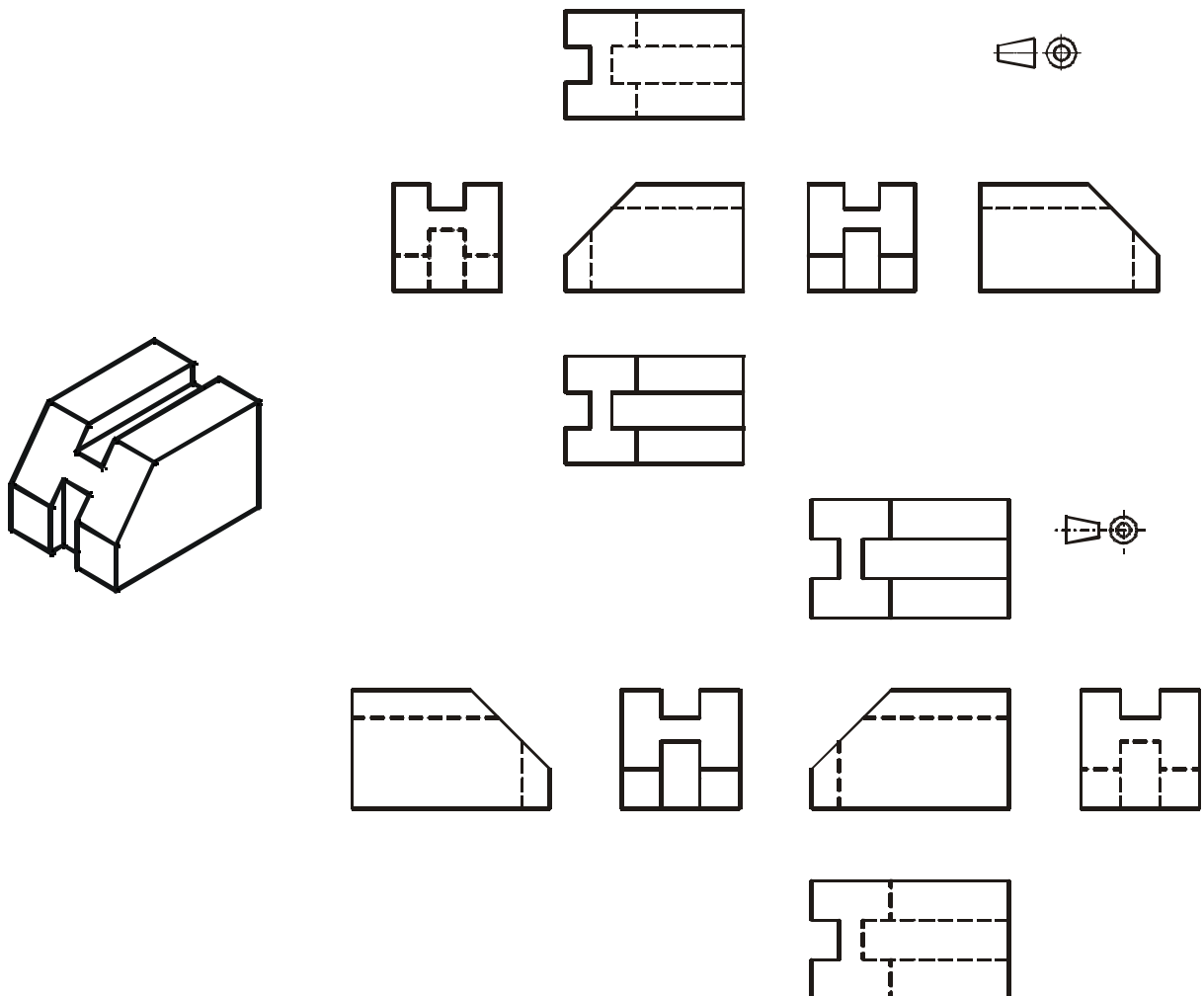
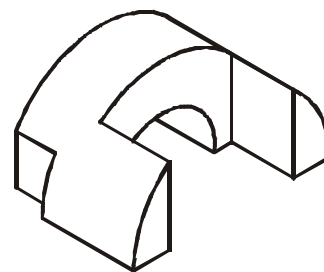
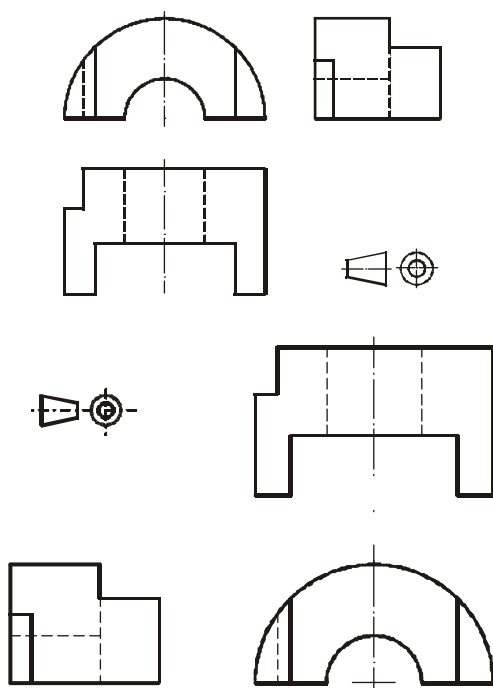
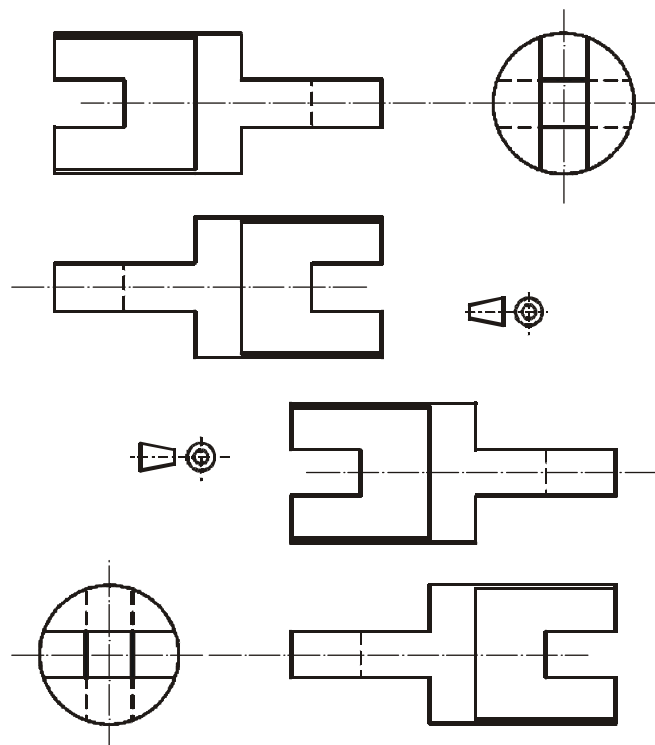
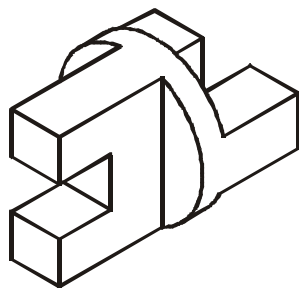
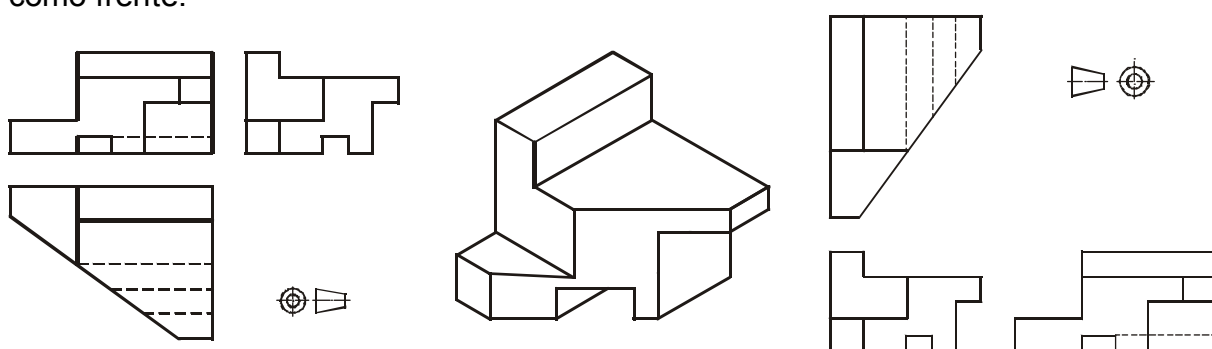



Figura 3.26

Exercícios Resolvidos

No desenho seguinte são dadas as vistas principais no 1º e no 3º diedros. Analise as projeções das superfícies que compõem a peça procurando entender os seus rebatimentos.

Os desenhos seguintes mostram as três vistas que melhor representam a peça (*conjunto de vistas que têm o menor número possível de arestas invisíveis*), mantendo a mesma vista de frente tanto no 1º como no 3º diedros.

Observe que, para manter a mesma vista de frente nos dois diedros, foi necessário fugir das vistas preferenciais em um deles.

Para utilizar as vistas preferências e minimizar o aparecimento de linhas tracejadas é preciso escolher, para cada diedro, o lado da peça que será tomado como frente.

Capítulo 4

LEITURA E INTERPRETAÇÃO DE DESENHOS

Definição e Pré-Requisitos

Ler um desenho significa entender a forma espacial do objeto representado no desenho bidimensional resultante das projeções ortogonais.

Enquanto o leitor não conseguir associar, automaticamente, as projeções resultantes com os rebatimentos dados na peça, haverá dificuldade para visualização mental da forma espacial representada.

A resolução sistematizada de exercícios irá desenvolver o raciocínio espacial, também chamado de visão espacial, e naturalmente desenvolver a habilidade na leitura e interpretação de desenhos técnicos.

O principal pré-requisito para fazer a leitura de desenhos técnicos é estar familiarizado com a disposição das vistas resultantes das projeções ortogonais associadas aos rebatimentos dados na peça desenhada.

Princípios Básicos para Leitura de Desenhos

A visualização da forma espacial de um objeto só será possível a partir da associação das diversas vistas utilizadas na sua representação, e a associação das projeções ortogonais com os diferentes sentidos de observação da peça permitirá o entendimento da imagem espacial representada.

É muito importante que, ao olhar para qualquer vista, se tenha em mente que estamos vendo a representação de um sólido, visto ortogonalmente de uma determinada posição, onde cada linha representa uma intersecção de superfícies (*cada linha representa um canto da peça*) e que existe uma terceira dimensão escondida pela projeção ortogonal.

Olhando para a Figura 4.1 e considerando-a como resultado da projeção ortogonal de um determinado objeto, ainda que não seja possível visualizar a forma espacial do objeto a partir de uma única vista, pode-se concluir que no desenho estão representadas duas superfícies distintas, identificadas pelos números 1 e 2.

A linha vertical que separa as duas superfícies tanto pode representar uma intersecção das superfícies 1 e 2 como pode representar uma terceira superfície perpendicular a 1 e a 2.

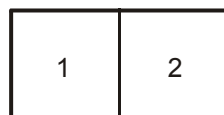



Figura 4.1

As indefinições ocorrem porque estamos olhando para uma única vista, e mais uma vez se conclui que é impossível visualizar a forma espacial de qualquer objeto representado a partir de uma única vista.

A vista mostrada na Figura 4.1 corresponde a qualquer um dos sólidos mostrados na Figura 4.2, considerando o sentido de observação indicado.

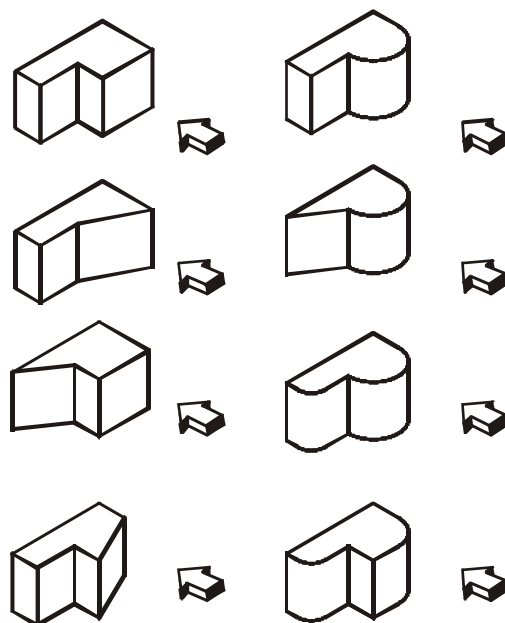



Figura 4.2

É importante olhar para cada vista sabendo que a mesma corresponde à representação do objeto numa determinada posição, mas o entendimento da forma espacial só será possível através da associação de duas ou mais vistas.

Fazendo a análise simultânea das duas vistas dadas na Figura 4.3, é possível descobrir que, neste caso, a linha vertical corresponde à intersecção das superfícies 1 e 2 e que o desenho está no 1º diedro.

Também é possível concluir que a superfície 2 é inclinada em relação à superfície 1.

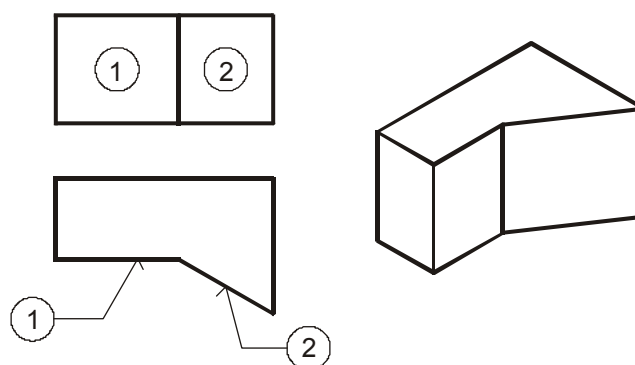



Figura 4.3

Analisando as outras superfícies é possível entender que as projeções dadas correspondem à forma espacial representada na perspectiva.

Identificação do Diedro Utilizado no Desenho

Apesar das normas internacionais recomendarem que seja indicado nos desenhos o diedro utilizado na sua elaboração, a maioria dos desenhos técnicos não trazem tal indicação.

Para se fazer a interpretação do desenho e entender a forma espacial representada, o primeiro passo é identificar qual foi o diedro utilizado na sua elaboração.

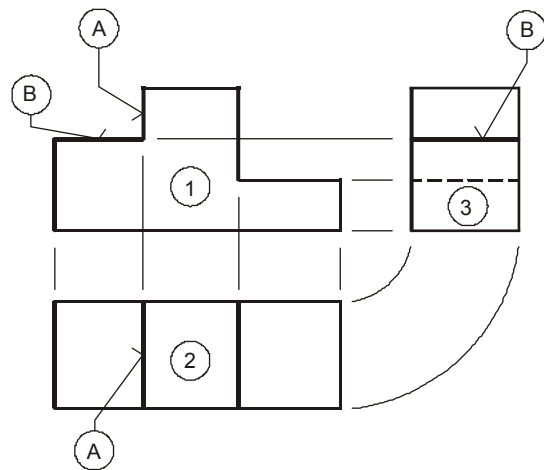
Para identificar o diedro utilizado na elaboração do desenho basta analisar as projeções ortogonais de uma única superfície.

Na Figura 4.4 a superfície "A" é representada por uma linha cheia na vista 2. Assim sendo, pode-se concluir que, em relação à vista 1, a vista 2 corresponde à peça sendo olhada por cima.

Como a vista superior (2) está localizada embaixo da vista de frente (1), o desenho foi elaborado segundo as regras do 1º diedro.

Estando o desenho no 1º diedro, a vista 3 é a vista lateral esquerda.

Figura 4.4

Como a superfície "B" está representada por uma linha cheia na vista 3, comprova-se que, em relação à posição da vista 1, a vista 3 corresponde à peça sendo olhada pela esquerda.

Exercícios Resolvidos

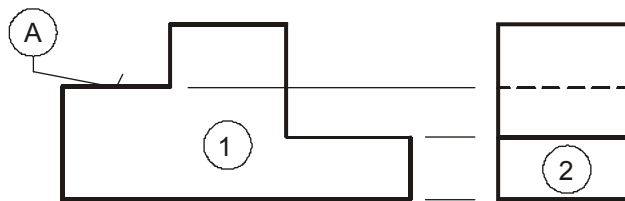



Figura 4.5

Na Figura 4.5, como a superfície "A" é representada por uma linha tracejada na vista 2, em relação à posição da vista 1, a vista 2 corresponde à vista lateral direita.

Considerando 1 como vista de frente, e estando a vista lateral direita à sua direita, pode-se concluir que o desenho está no 3º diedro.

Na Figura 4.6, como a superfície "B" está representada por uma linha cheia na vista 2, significa que a vista 2 foi obtida olhando a peça na posição 1 pelo lado direito.

Considerando 1 como vista de frente, pode-se concluir que o desenho está no 1° diedro porque a vista lateral direita está à esquerda da vista de frente.

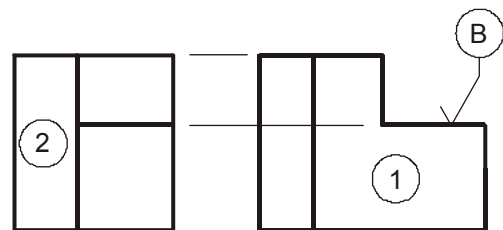



Figura 4.6

Na Figura 4.7, como a superfície "A" está representada por uma linha cheia em 2, pode-se concluir que a vista 2 foi obtida olhando a peça por cima em relação à posição 1.

Estando a vista superior em cima, em relação à posição 1, pode-se concluir que o desenho está no 3º diedro.

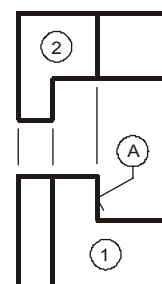
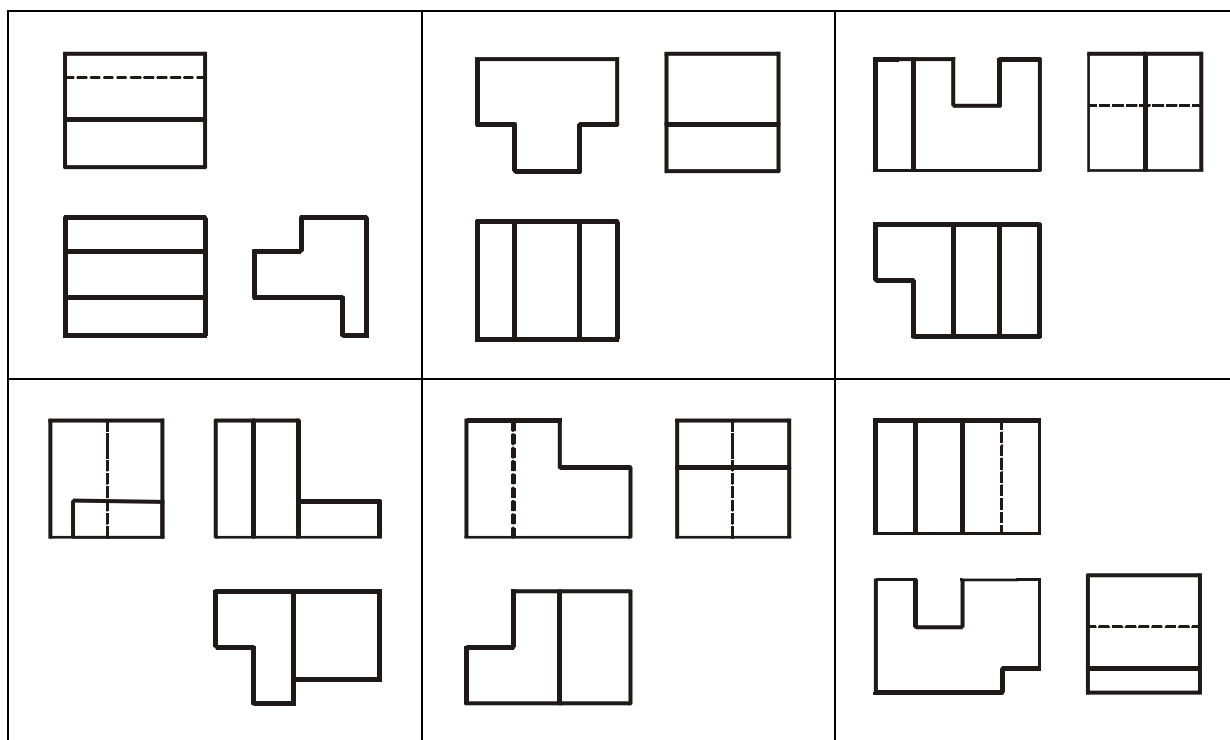



Figura 4.7

Exercícios Propostos

Dadas as projeções ortogonais, identifique os diedros utilizados nos desenhos.

Leitura de Desenhos

A identificação do diedro utilizado permite a identificação dos sentidos dos rebatimentos utilizados na obtenção do conjunto de vistas do desenho.

Conhecendo-se os rebatimentos é possível associar as projeções ortogonais com os sentidos de observação e entender a forma espacial da peça desenhada. A visualização da forma espacial dependerá da capacidade individual de cada um para interpretar e associar as projeções ortogonais aos rebatimentos dados na peça.

Porém, dependendo da complexidade da peça, a maioria das pessoas não consegue, mentalmente, visualizar integralmente todos os detalhes que constituem a forma espacial representada nas projeções ortogonais.

A dificuldade de visualização integral da forma espacial pode ser superada fazendo-se o estudo parcial das projeções ortogonais analisando separadamente cada superfície do objeto.

A imagem integral da forma espacial, representada nas projeções ortogonais, será obtida a partir do somatório da forma espacial de cada superfície que compõe a peça desenhada.

Para ler um desenho com facilidade o leitor deverá interpretar, em cada vista, o que representa cada linha das projeções ortogonais.

Na interpretação das linhas que compõem cada vista do desenho, o esforço mental para visualização da forma espacial será tanto menor quanto maior for a intimidade com os rebatimentos normalizados para cada diedro.

O posicionamento espacial de cada superfície que compõe a peça resultará no entendimento integral da forma espacial da peça.

Leitura de Desenhos Mediante a Construção de Modelos

Um método utilizado para entender as formas espaciais das superfícies que compõem uma peça representada por suas projeções ortogonais é construir um modelo em qualquer material macio e fácil de cortar. (Normalmente utiliza-se massa de modelar ou uma barra de sabão para fazer a modelagem)

A modelagem pode ser executada a partir de um bloco onde são feitos cortes sucessivos ou pela justaposição de diferentes sólidos geométricos.

Na figura 4.8, analisando a linha "A", pode-se concluir que 2 é uma vista superior em relação à posição 1 e que o desenho está no 1º diedro.

Figura 4.8

Sabendo a relação de posição das duas vistas, vista de frente e vista superior, pode-se fazer a modelagem da peça.

Como a peça é retangular, para fazer a modelagem a partir de cortes sucessivos, o primeiro passo é modelar um paralelepípedo proporcional às suas dimensões, conforme mostra o passo 1 da Figura 4.9.

Olhando para a vista 1, pode-se concluir pela necessidade de um corte inclinado no paralelepípedo, conforme mostra o passo 2 da Figura 4.9.

Fazendo, no modelo obtido, o corte definido na vista superior (vista 2) obtém-se a forma espacial da peça desenhada, conforme mostra o passo 3 da Figura 4.9.

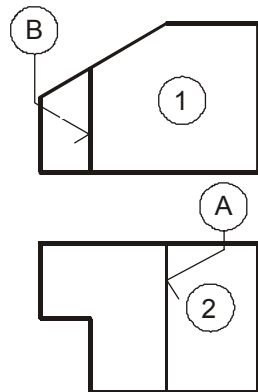
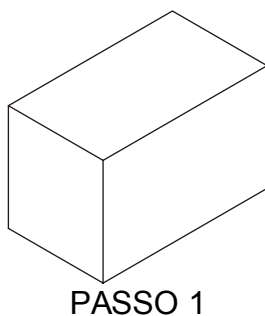
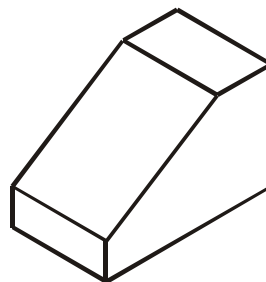
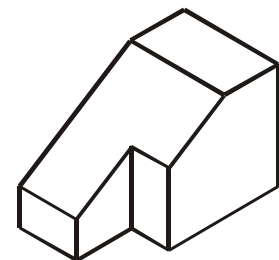



Figura 4.9

A Figura 4.10 mostra a modelagem a partir da justaposição de sólidos geométricos simples para obtenção da forma espacial da peça. Observando as projeções ortogonais, pode-se concluir que a forma espacial da peça poderá ser composta pela justaposição de três paralelepípedos.

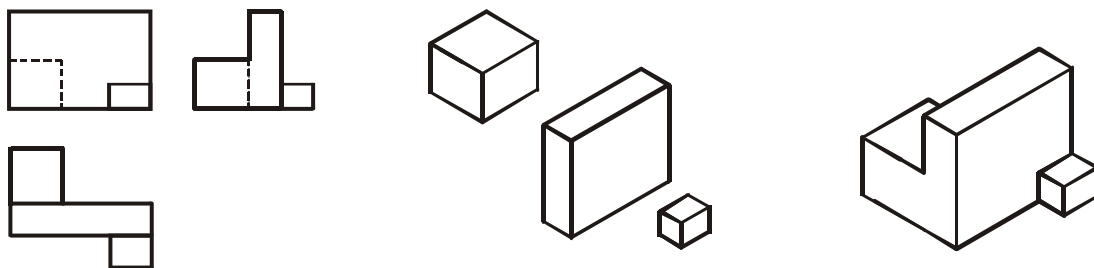



Figura 4.10

Leitura Utilizando o Esboço em Perspectiva

A dificuldade de visualização da forma espacial pode ser amenizada por uma elaboração do esboço em perspectiva da peça representada pelas projeções ortogonais.

Um dos procedimentos para leitura do desenho através do esboço em perspectiva é semelhante à modelagem a partir de um bloco com cortes sucessivos.

Desenha-se inicialmente a perspectiva de um paralelepípedo que contenha as dimensões de comprimento, largura e profundidade da peça, fazendo a localização nas faces do paralelepípedo dos sentidos de observação que foram utilizados na obtenção das projeções ortogonais.

Comparando os sentidos de observação, marcados nas faces do paralelepípedo, com as respectivas projeções ortogonais, vai-se esboçando em perspectiva os detalhes definidos em cada vista do desenho.

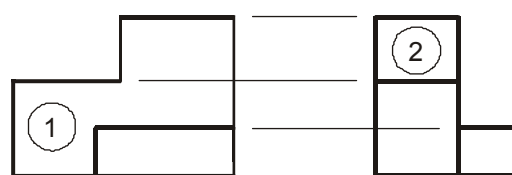
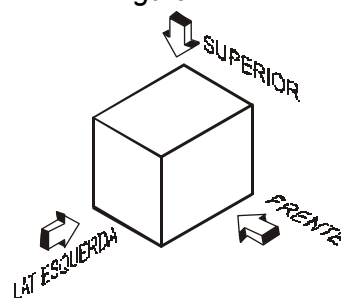
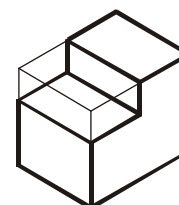
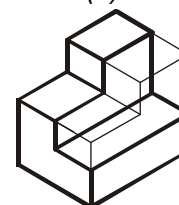
Analisando as vistas da Figura 4.11, pode-se concluir que o desenho está no 1° diedro, pois, em relação à vista 1, a vista 2 foi obtida olhando a peça pelo lado esquerdo (a vista lateral esquerda2 está à direita da vista de frente1).

Para facilitar o estudo da forma espacial da peça deve-se procurar identificar as posições das vistas nas faces do paralelepípedo, como mostrado na Figura 4.12.

Figura 4.11

Figura 4.12

Olhando para a vista de frente (vista 1) pode-se concluir, com facilidade, pela retirada do pedaço do paralelepípedo mostrado na Figura 4.13 (a).

(a)

Olhando para a vista lateral esquerda (vista 2), também com facilidade, pode-se concluir pela retirada de mais um pedaço do paralelepípedo, conforme mostra a Figura 4.13 (b).

(b)

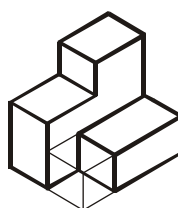
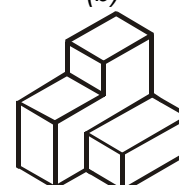
Comparando as vistas dadas com a forma espacial já obtida, pode-se concluir pelo corte final, mostrado na Figura 4.13 (c), e, finalmente chegar na peça representada na Figura 4.13 (d)

(c)

(d)

Figura 4.13

Como foram utilizadas somente duas vistas, existem outras formas espaciais que também correspondem às projeções ortogonais dadas.

A utilização dos esboços em perspectiva facilita a visualização da forma espacial porque permite que o entendimento da forma espacial de parte da peça seja anotado e somado sucessivamente até o aparecimento da forma espacial total. Pela análise das projeções ortogonais, é possível identificar gradativamente formas geométricas simples que compõem a forma espacial da peça, as quais sucessivamente foram subtraídas do paralelepípedo de referência, para a obtenção do esboço em perspectiva conforme mostrou a Figura 4.13.

Outro procedimento para elaboração dos esboços em perspectiva para facilitar a visualização da forma espacial representada em projeções ortogonais é, considerando os sentidos de observação, desenhar nas respectivas faces dos paralelepípedos as vistas correspondentes.

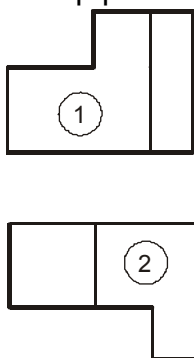



Figura 4.14

Analisando as projeções ortogonais da Figura 4.14, verifica-se que o desenho está no primeiro diedro porque a vista 2 é uma vista superior em relação à posição da vista 1.

Na Figura 4.15 tem-se:

- No Passo 1: o paralelepípedo de referência com as indicações dos sentidos de observação utilizados na elaboração das projeções ortogonais.

- No Passo 2: as vistas desenhadas nas respectivas faces do paralelepípedo.

No Passo 3: a associação das linhas das vistas de frente e superior, definindo-se, no paralelepípedo, a forma espacial da peça.

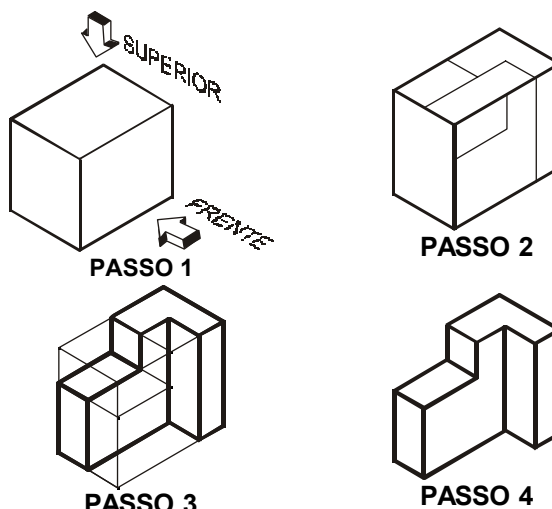



Figura 4.15

A figura tridimensional mostrada no Passo 4 da Figura 4.15 corresponde às projeções ortogonais dadas e, assim, novamente ficou comprovado que a utilização dos esboços em perspectiva facilita a visualização da forma espacial representada nas projeções ortogonais.

É importante destacar que na elaboração dos esboços em perspectiva, para ajudar no entendimento da forma espacial representada nas projeções ortogonais, é possível utilizar os dois procedimentos mostrados nas Figuras 4.13 e 4.15.

Ou seja, pode-se utilizar simultaneamente o raciocínio dos cortes sucessivos com a associação das vistas desenhadas nos respectivos lados do paralelepípedo.

Para facilitar a utilização dos esboços em perspectivas é recomendado que o paralelepípedo de referência seja desenhado numa posição tal que as faces visíveis

correspondam às vistas dadas. Dependendo da vista lateral utilizada, deve-se variar a posição do paralelepípedo de referência, conforme mostra a Figura 4.16.

Figura 4.16

Esboço em Perspectiva

Qualquer que seja a forma da peça a ser desenhada, para se elaborar um esboço em perspectiva é necessário desenhar, primeiramente, o paralelepípedo de referência.

Das perspectivas paralelas, o tipo mais adequado para se esboçar, com a finalidade de ajudar na interpretação das projeções ortogonais, é a Perspectiva Isométrica.

Assim sendo, o desenho do paralelepípedo de referência deve começar pelos três eixos isométricos. No Passo 1 da Figura 4.17 vê-se que um dos eixos isométricos é traçado verticalmente e os outros dois fazem um ângulo de 30° com uma linha horizontal.

Traçados os eixos isométricos, deve-se marcar sobre eles tamanhos proporcionais às medidas de comprimento, largura e altura da peça representada nas projeções ortogonais. Seguindo as medidas marcadas, traçam-se linhas paralelas aos eixos isométricos até obter o paralelepípedo de referência, conforme aparece no Passo 2 da Figura 4.17.

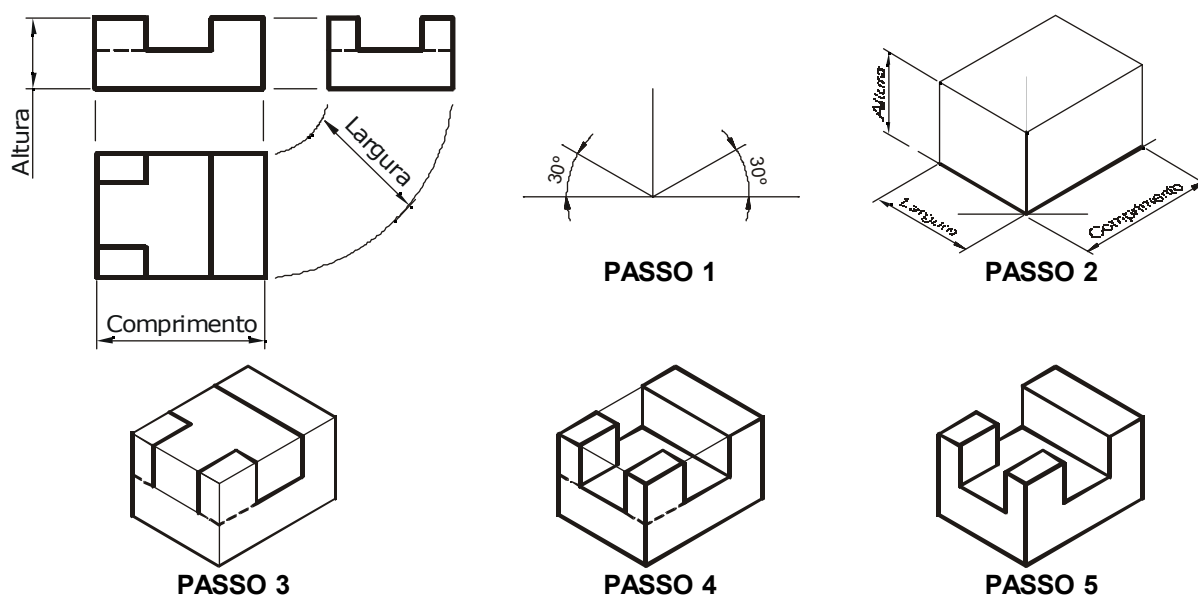
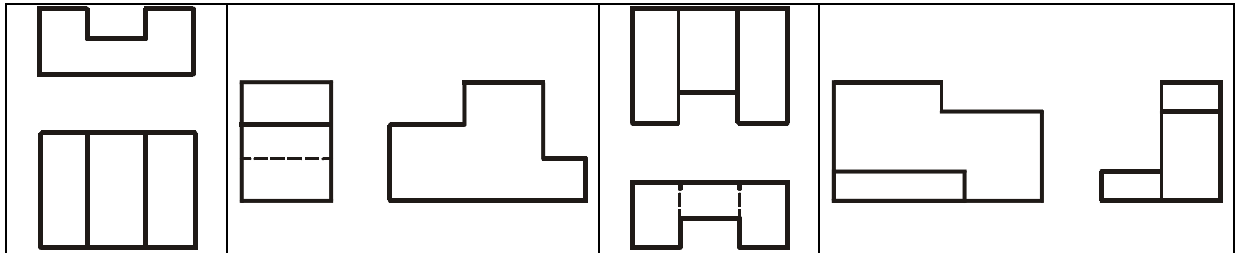



Figura 4.17

Os Passos 3, 4 e 5 da Figura 4.17 mostram a obtenção da forma espacial representada nas projeções ortogonais desenhando nas faces do paralelepípedo as vistas correspondentes. Observe que quando a peça não possui superfícies inclinadas, todas as linhas são paralelas a um dos três eixos isométricos

Nos desenhos em perspectivas, normalmente, as arestas invisíveis não são representadas.

Exercícios Propostos

Dadas duas vistas, desenhar o esboço em perspectiva.

Esboço em Perspectiva de Superfícies Inclinadas

As superfícies inclinadas, quando desenhadas em perspectivas, não acompanham as direções dos eixos isométricos.

Nos esboços em perspectivas o traçado das superfícies inclinadas não deve ser orientado pelo ângulo de inclinação da superfície. A forma mais correta para traçar as superfícies inclinadas é marcar o comprimento dos catetos, que determina a inclinação da superfície, nas arestas do paralelepípedo de referência. A Figura 4.18 ilustra a elaboração do desenho do esboço em perspectiva contendo superfícies inclinadas.

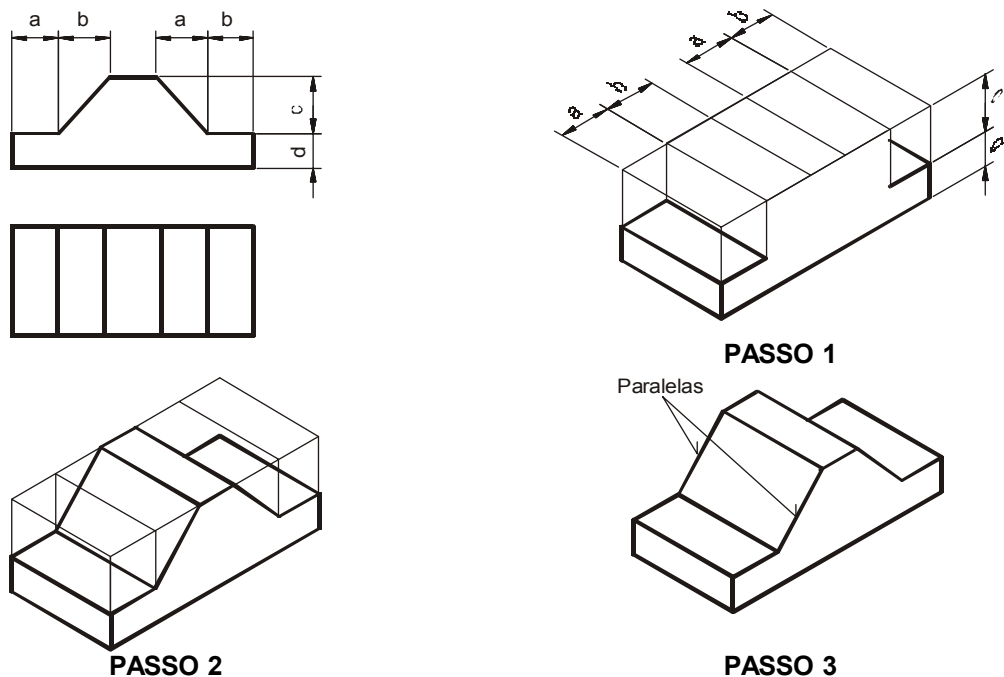



Figura 4.18

Quando a superfície inclinada não for perpendicular a nenhum dos planos de projeção, a melhor forma de representá-la em perspectiva é posicionando as projeções ortogonais da superfície inclinada nas respectivas faces do paralelepípedo de referência, conforme mostra a Figura 4.19.

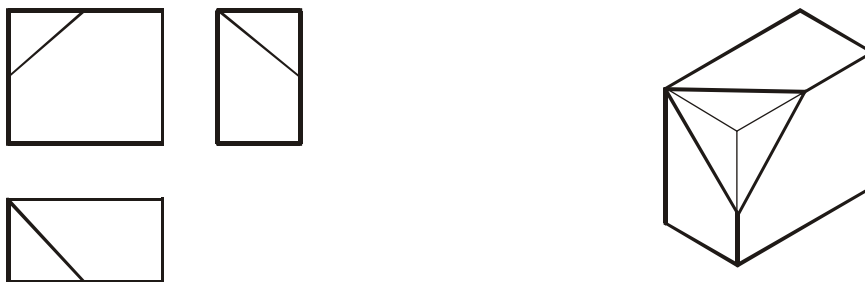
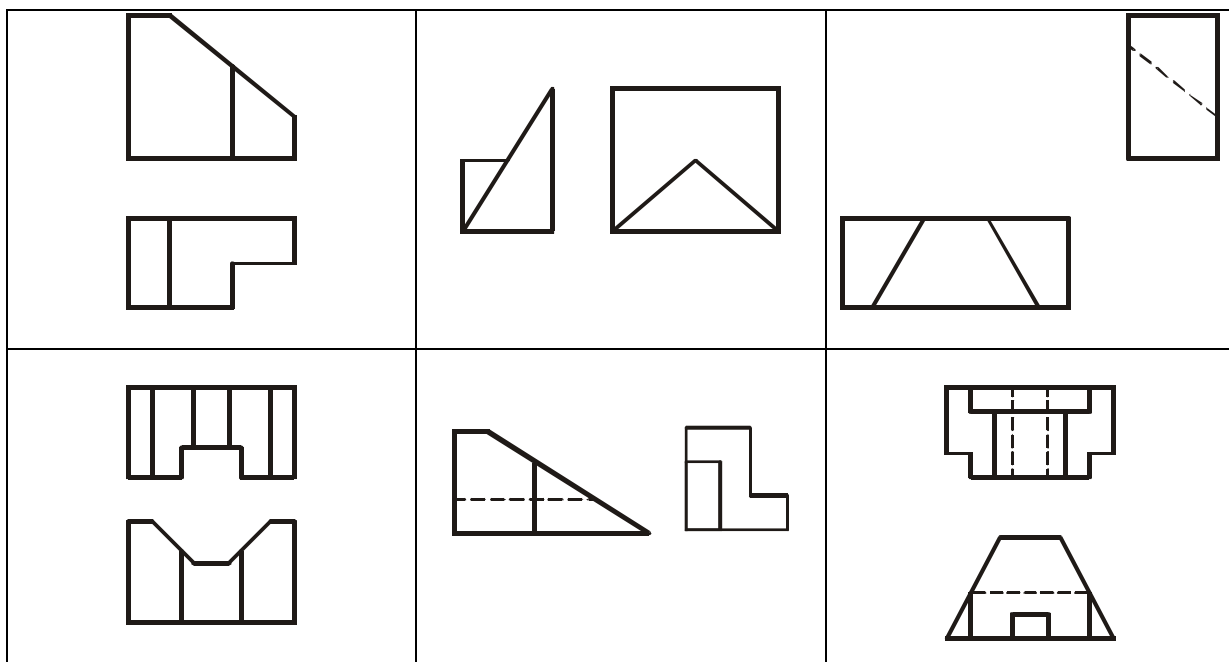



Figura 4.19

Exercícios Propostos

Dadas duas vistas, fazer o esboço em perspectiva e a terceira vista que melhor representa a peça dada.

Esboço em Perspectiva de Superfícies Curvas

Como o círculo pode ser inscrito em um quadrado, conclui-se que um cilindro pode ser inscrito em um paralelepípedo de base quadrada, conforme mostra a Figura 4.20.

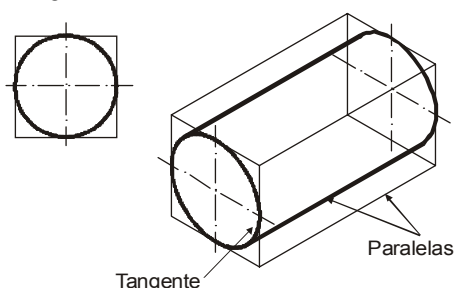



Figura 4.20

Observe que o círculo inscrito no quadrado em perspectiva tem a forma de uma elipse. O desenho do cilindro em perspectiva será obtido traçando-se elipses nas faces quadradas e unindo-as com retas tangentes às arestas do comprimento do paralelepípedo.

Os passos da Figura 4.21 mostram a seqüência de elaboração do desenho da elipse que representa o círculo em perspectiva, e a Figura 4.22 mostra as suas diferentes posições espaciais.

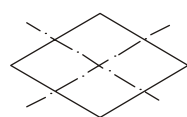
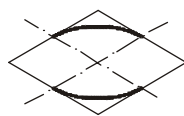
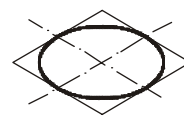
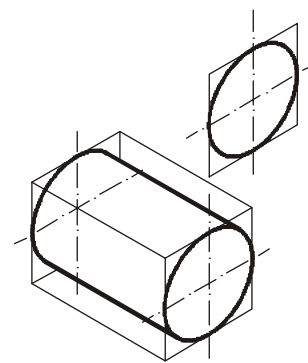
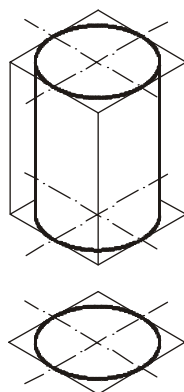
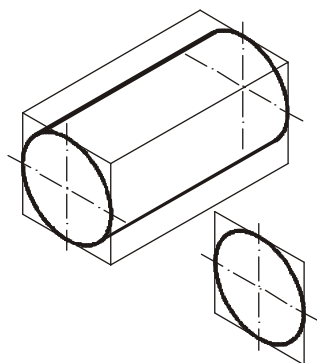



Figura 4.21

Figura 4.22

O desenho em perspectiva de peças que contenham superfícies curvas é elaborado aplicando-se, passo a passo, a metodologia já exposta. A Figura 4.23 mostra os passos para elaboração de esboços em perspectiva de peças com superfícies curvas.

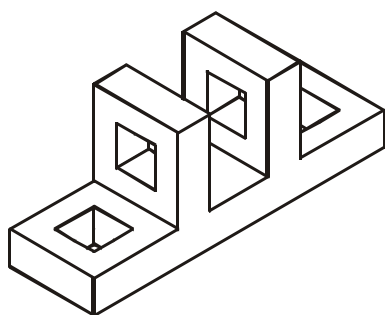
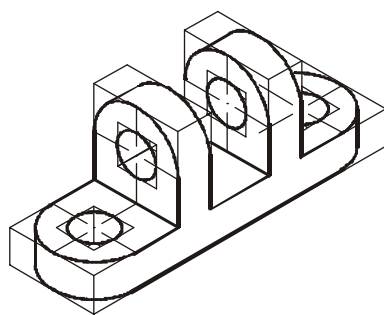
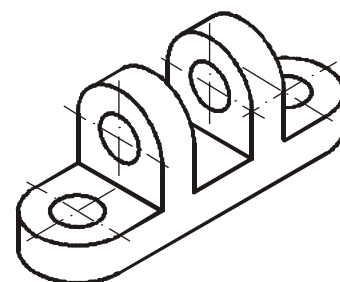
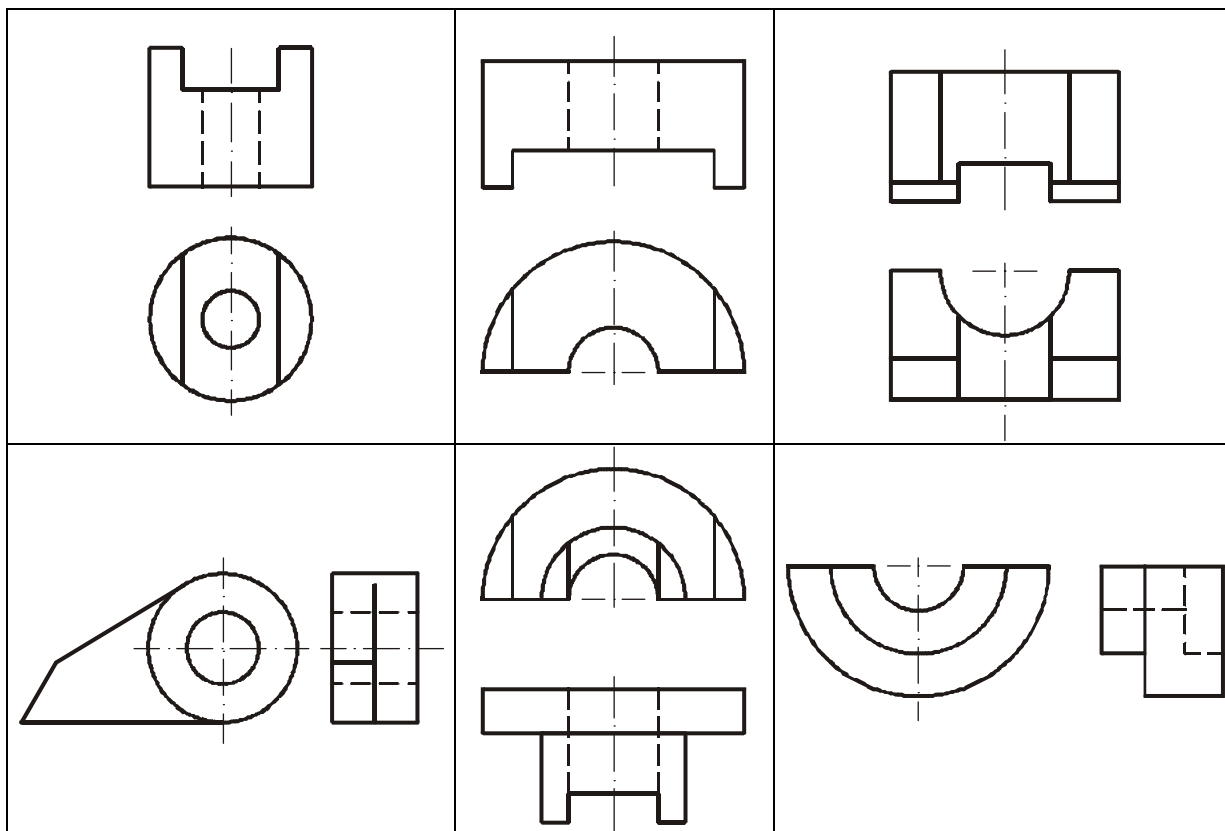



Figura 4.23

Exercícios Propostos

Dadas duas vistas, fazer o esboço em perspectiva e desenhar a terceira vista que melhor representa a peça.

Leitura de Desenhos pela Análise das Superfícies Representadas

Por maior que seja a prática em leitura de desenhos, exceto as peças de forma geométrica simples, dificilmente se consegue visualizar, rapidamente e de uma só vez, a forma espacial representada nas projeções ortogonais.

A interpretação de um desenho técnico é semelhante à leitura de um texto escrito.

Assim como não se consegue ler o conteúdo de uma página de um livro de uma só vez, também não se consegue visualizar com uma única olhada todos os detalhes da forma espacial representada em um desenho técnico.

Da mesma forma que a mensagem contida em um texto escrito só pode ser entendida fazendo-se a interpretação e associação das suas palavras e frases, a forma espacial somente será visualizada estudando-se detalhadamente o rebatimento de cada superfície que compõe a peça representada nas projeções ortogonais.

A interpretação da forma espacial, representada nas projeções ortogonais, pode ser facilitada anotando-se espacialmente (utilizando o esboço em perspectiva) o resultado do estudo de cada superfície. Normalmente consegue-se entender a forma espacial da peça antes de se terminar o desenho do esboço.

As Figuras 4.24 e 4.25 mostram a análise das superfícies contidas nas projeções ortogonais com suas representações sucessivas em perspectiva.

Figura 4.24

PASSO 1
PASSO 2
PASSO 3
PASSO 4
PASSO 5
PASSO 6
PASSO 7
PASSO 8
PASSO 9

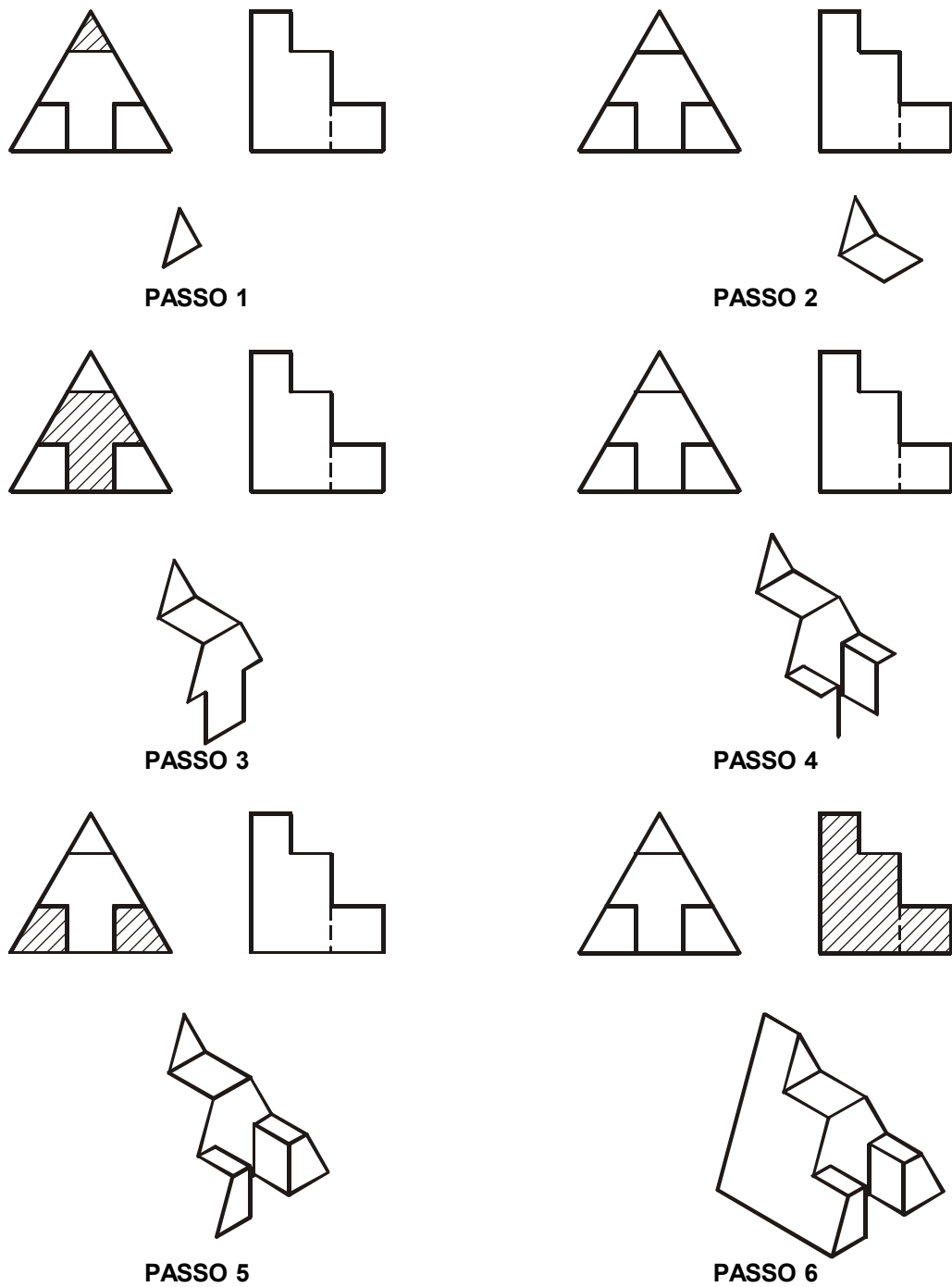
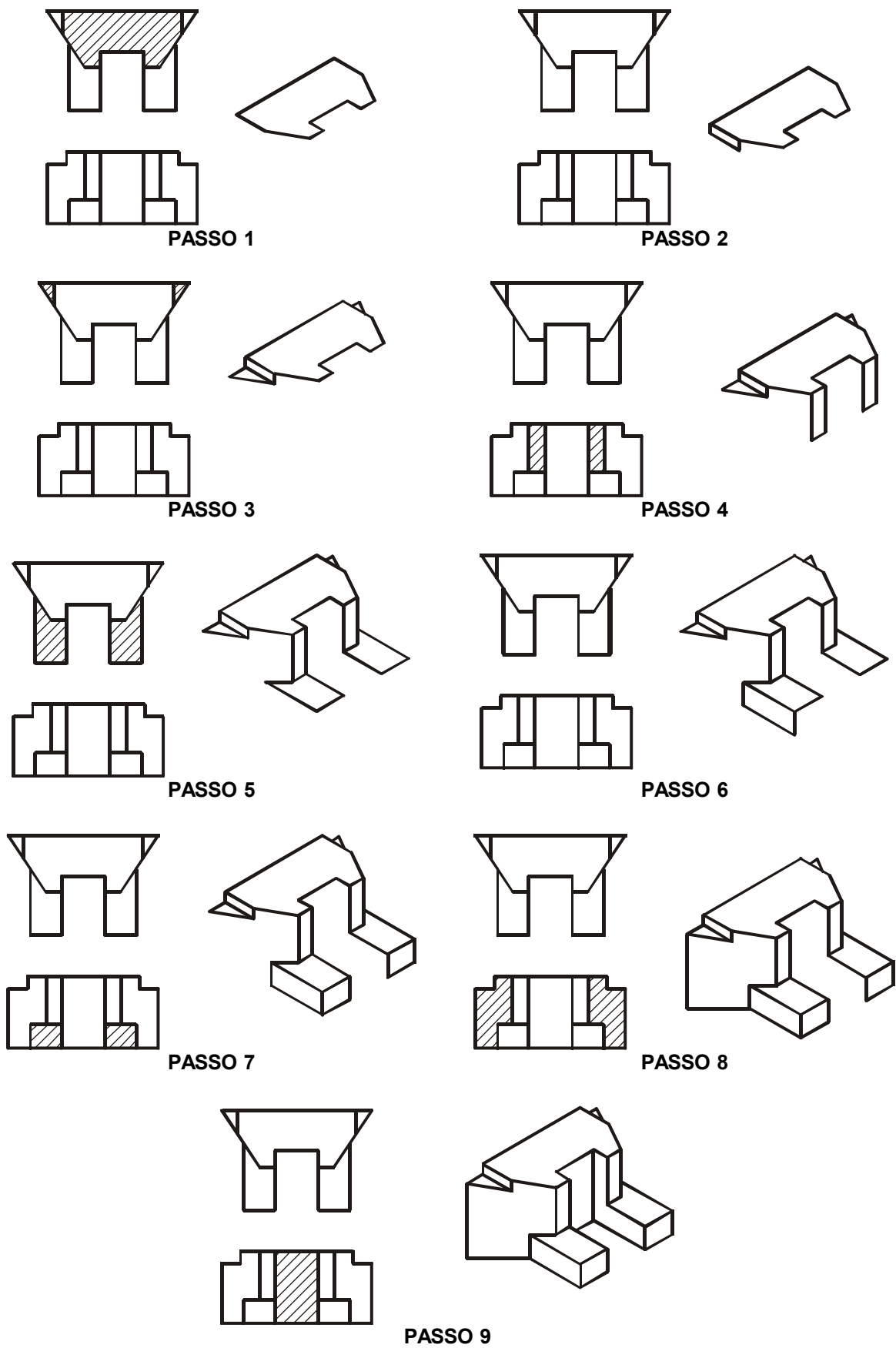
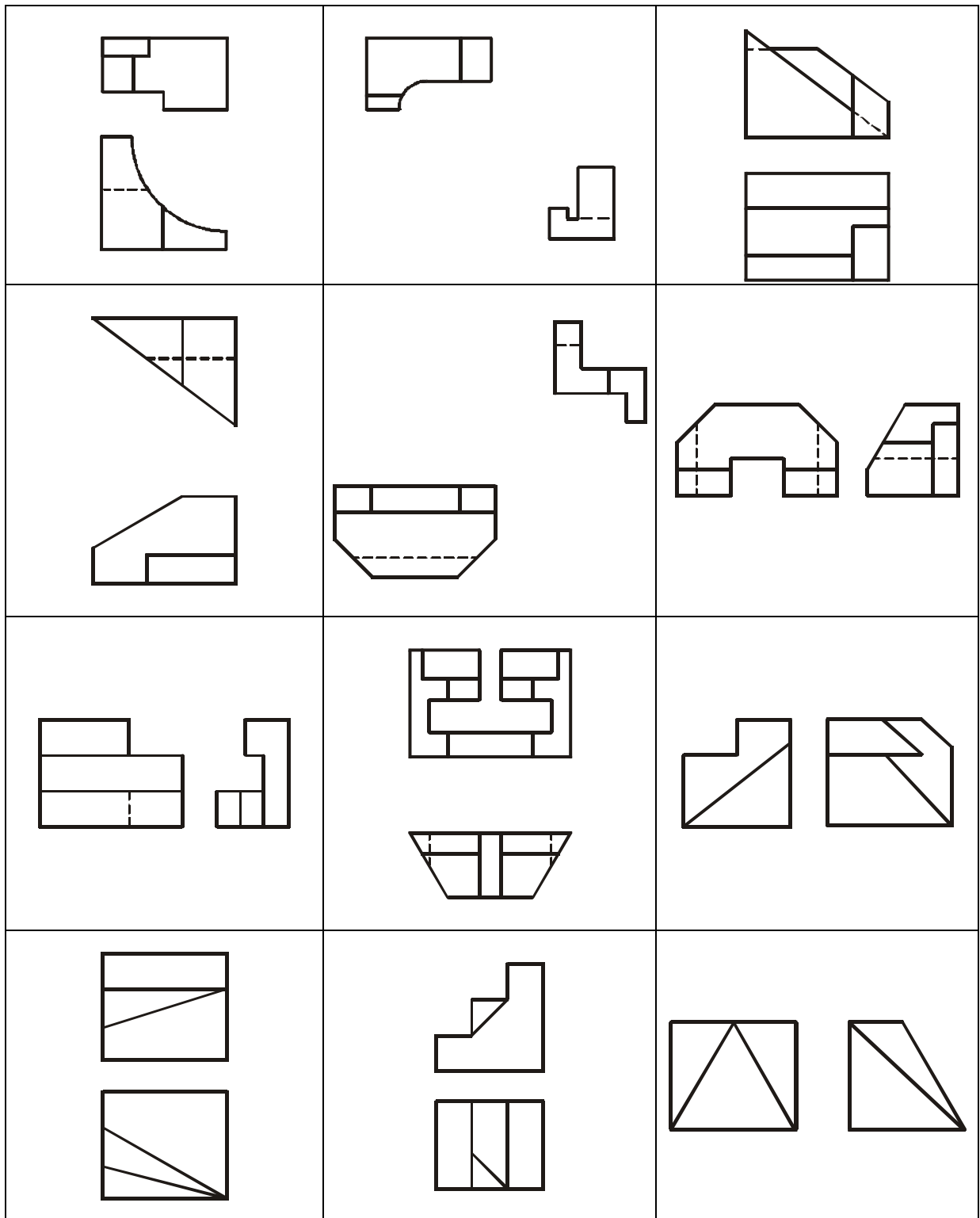



Figura 4.25

Exercícios Propostos

Dadas duas vistas, desenhar a terceira vista que melhor representa a peça dada.

Capítulo 5

VISTAS EM CORTE

Definição

Quando a peça a ser desenhada possuir muitos detalhes internos, detalhes invisíveis, as projeções ortogonais terão muitas linhas tracejadas e poderão dificultar a interpretação do desenho.

A Figura 5.1 mostra o exemplo de uma peça com vários detalhes internos nas vistas de frente e lateral esquerda, que estão representados por linhas tracejadas.

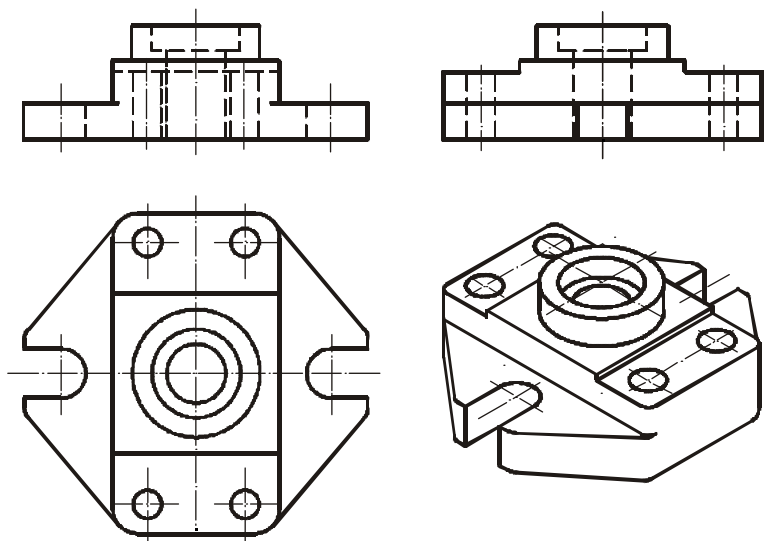



Figura 5.1

Para facilitar a interpretação dos detalhes internos, representados por linhas tracejadas, foi normalizada a utilização de vistas em corte.

Uma vista em corte é uma projeção ortogonal feita a partir de um determinado ponto da própria peça. A Figura 5.2 mostra a aplicação de corte, onde pode ser observado que a projeção da vista de frente corresponde àquilo que é visto, na direção indicada, a partir do plano secante "***AB***".

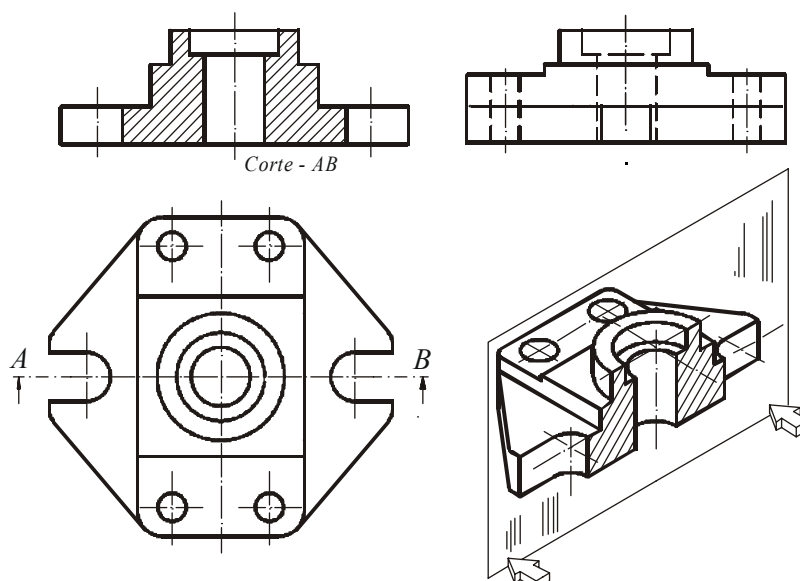



Figura 5.2

Ou seja, a vista de frente corresponde ao desenho da peça cortada pelo plano secante no ponto indicado pela linha de corte que vai de "***A***" até "***B***", considerando o sentido de observação, indicado pelas flechas colocadas na linha de corte.

A linha utilizada para indicar o local onde a peça será cortada, linha de corte, é uma linha grossa constituída de traços e pontos. A linha de corte é identificada por letras colocadas em suas extremidades e o sentido de observação é identificado por setas perpendiculares à linha de corte. As mesmas letras que identificam a linha de corte são utilizadas para identificar a vista resultante do corte.

Onde houver intersecção do plano secante com a peça serão colocadas hachuras.

Hachuras

A finalidade das hachuras é indicar as partes maciças, evidenciando as áreas de corte.

As hachuras são constituídas de linhas finas, eqüidistantes e traçadas a 45° em relação aos contornos ou aos eixos de simetria da peça, conforme mostra a Figura 5.3.

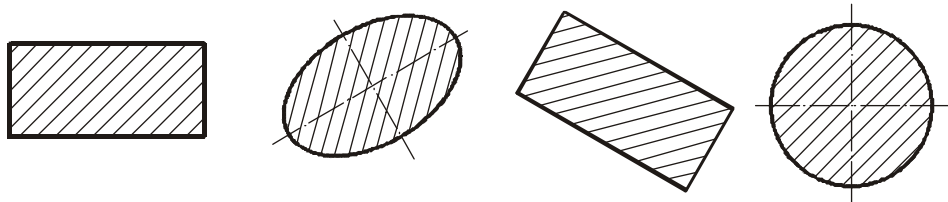



Figura 5.3

O espaçamento entre as hachuras deverá variar com o tamanho da área a ser hachurada [Figura 5.4(a) e (b)]. Quando a área a ser hachurada for muito grande pode-se colocar as hachuras acompanhando o contorno da peça [Figura 5.4(c)].

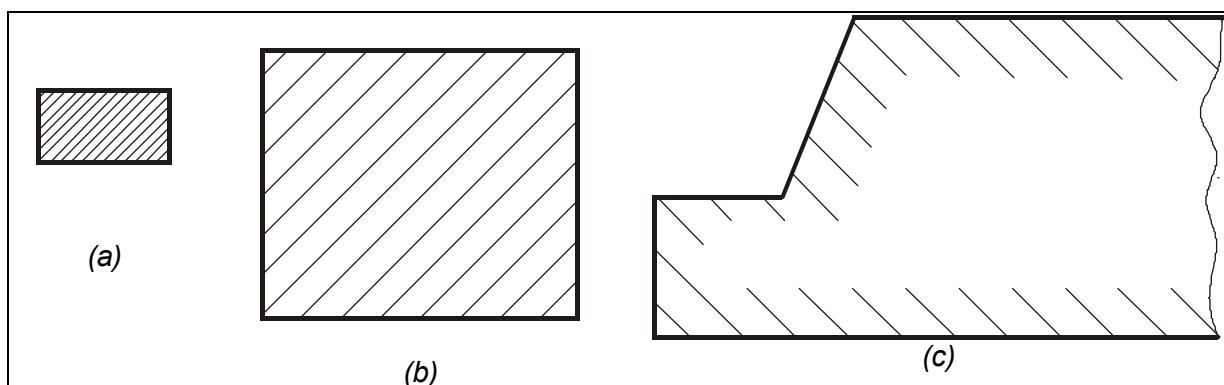



Figura 5.4

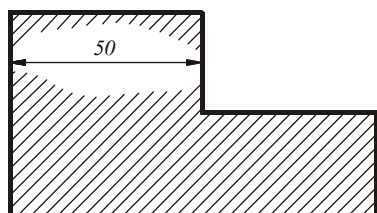



Figura 5.5

Havendo necessidade de fazer qualquer inscrição na área hachurada, deve-se interromper as hachuras para deixar bem nítida a inscrição feita, como mostra a Figura 5.5.

As hachuras de peças com espessura muito pequena, peças delgadas, são representadas em preto, com filetes brancos separando as partes contíguas, conforme mostra a Figura 5.6

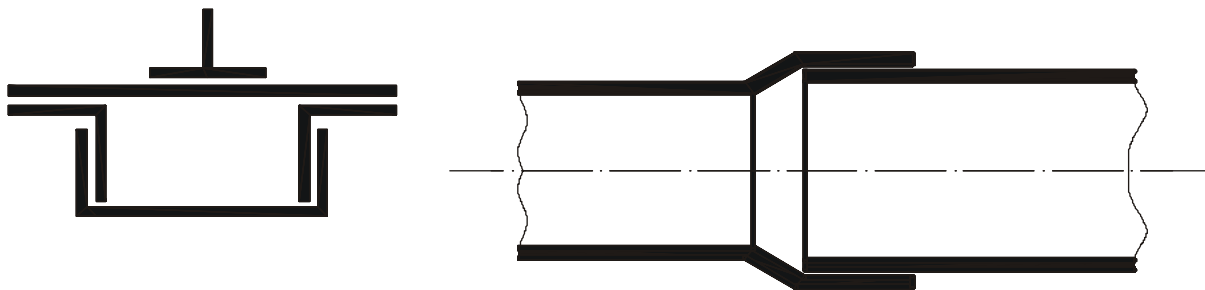



Figura 5.6

Em uma mesma peça as hachuras devem ter uma só direção (vide Figura 5.2).

Nos desenhos de conjuntos as peças adjacentes devem ser hachuradas em direções diferentes. A figura seguinte mostra um conjunto de peças, desenhadas montadas, sem corte na Figura 5.7(a) e em corte na Figura 5.7(b).

Observe que a vista em corte com variação das direções e dos espaçamentos das hachuras permite a identificação dos limites de cada peça e facilita bastante a interpretação do desenho.

Nervura

1 – Pino
2 – Suporte
3 – Eixo
4 - Bucha
5 – Polia
6 – Base

Figura 5.7(a)

Corte - AB

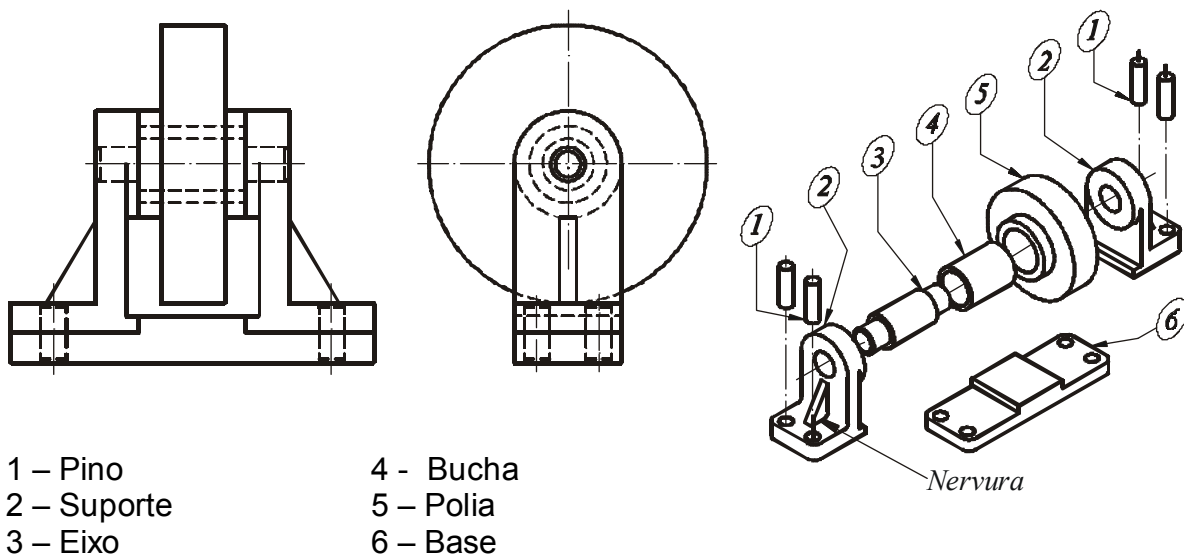
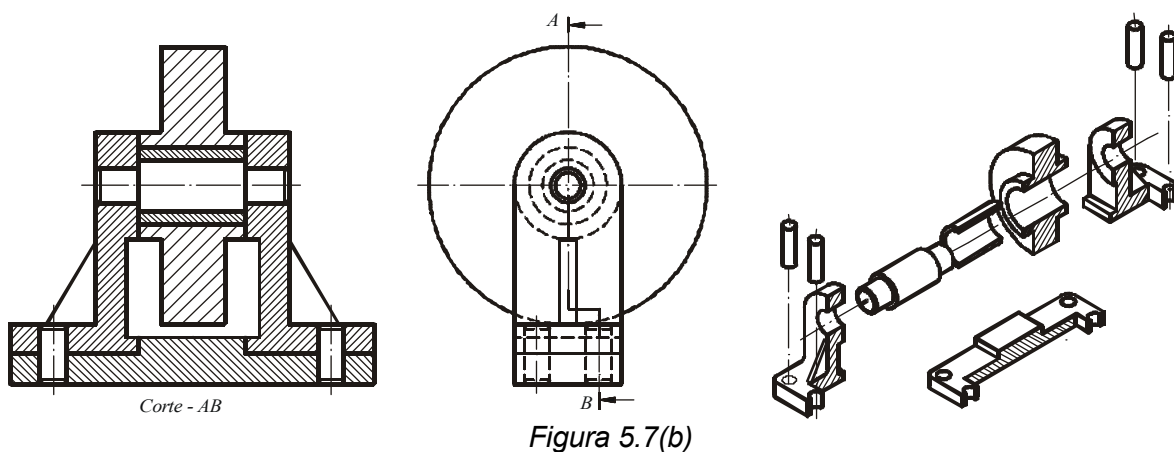



Figura 5.7(b)

Existem normas específicas que permitem a utilização das hachuras para indicar o tipo do material da peça. A Figura 5.8 mostra algumas hachuras convencionadas para representar o tipo de material utilizado na construção da peça.

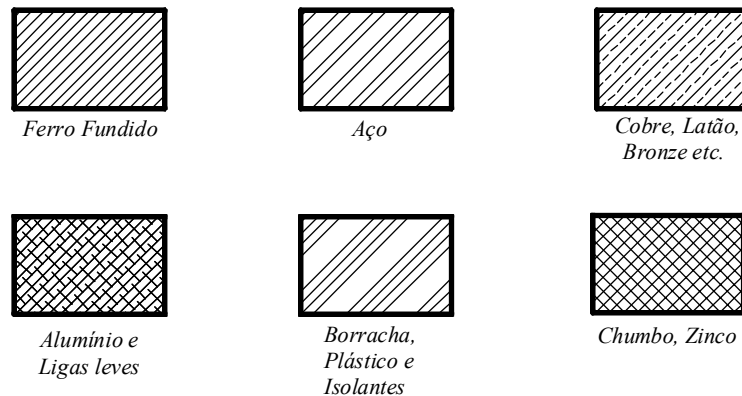



Figura 5.8

Regras para Traçado de Vistas em Corte

1. Elementos tais como: eixos, pinos, parafusos, porcas, dentes de engrenagem, chavetas, rebites e nervuras, quando seus eixos longitudinais estiverem no plano de corte, não serão cortados, portanto, não serão hachurados. Observe na Figura 5.7(b) que a Nervura do Suporte (item 2) e os itens 1 e 2 (Pino e Eixo) não aparecem cortados no desenho de conjunto.
2. Nas vistas em corte não se deve colocar linhas tracejadas. As arestas invisíveis que estão situadas além do plano de corte só devem ser representadas se forem necessárias à compreensão da peça.
3. A disposição das vistas em corte deve seguir a mesma disposição das vistas principais. Seguem a mesma disposição das seis vistas mostradas no capítulo 3.
4. Em peças simples, nas quais seja óbvio a localização da posição do plano de corte, pode ser dispensado o desenho da linha de corte, como mostra o exemplo da Figura 5.9.

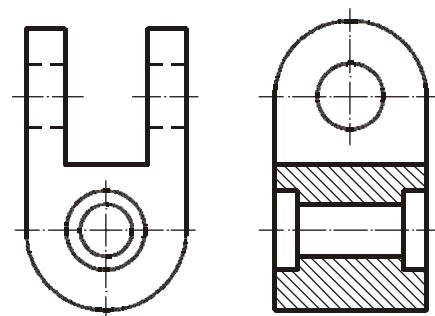



Figura 5.9

5. Quando o corte da peça for constituído de planos secantes paralelos, as hachuras devem ter a mesma direção, porém, serão deslocadas para distinguir os planos de corte, como mostra a Figura 5.10.

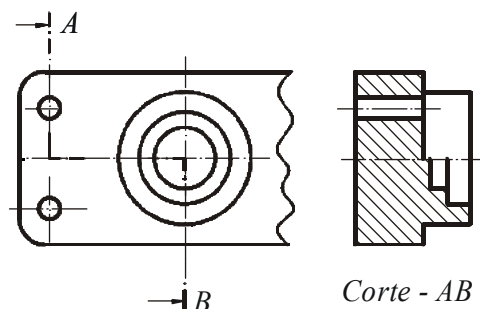



Figura 5.10

Corte Total

Corte Total é aquele que atinge a peça em toda a sua extensão, onde o plano de corte atravessa completamente a peça. O corte total é chamado de **Corte Reto**, quando o plano secante é constituído de uma única superfície, como foi mostrado na Figura 5.2.

O plano secante pode ser constituído de mais de uma superfície. A Figura 5.11 mostra a aplicação de um corte total onde o plano secante muda de direção, sendo composto por várias superfícies, para melhorar a representação das partes internas da peça.

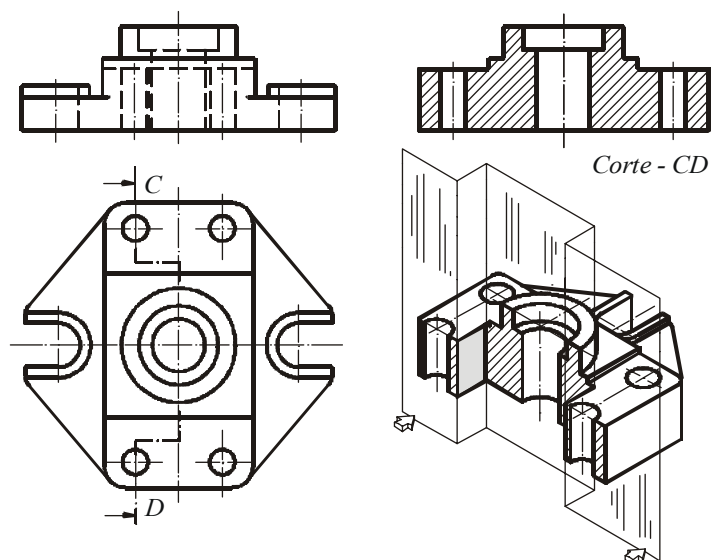



Figura 5.11

Como o desenho está no 1º Diedro, com o sentido de observação indicado, resulta na apresentação do corte – CD na posição da vista lateral esquerda.

Quando o plano secante muda de direção o corte é chamado de **Corte em Desvio** ou **Corte Composto.**

Observe que a linha de corte muda de direção para atingir detalhes internos não alinhados.

Na representação de uma peça pode-se fazer tantos cortes quantos forem necessários para facilitar o entendimento de todos os seus detalhes internos. A Figura 5.12 mostra a mesma peça das Figuras 5.2 e 5.11 utilizando duas vistas em corte.

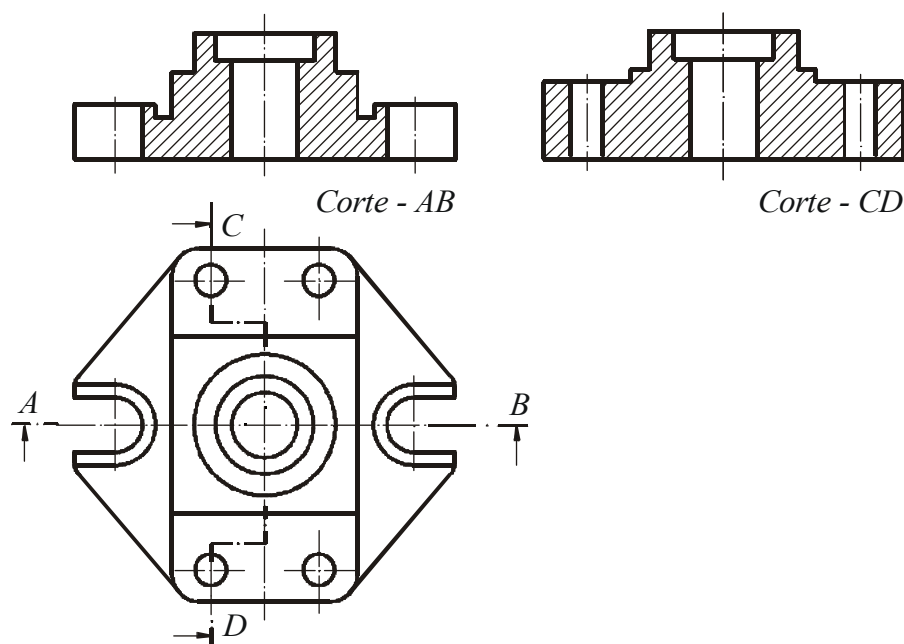



Figura 5.12

Exercícios Resolvidos

A

B

Corte - AB

1º Diedro

C

D

Corte - CD

3º Diedro

G

H

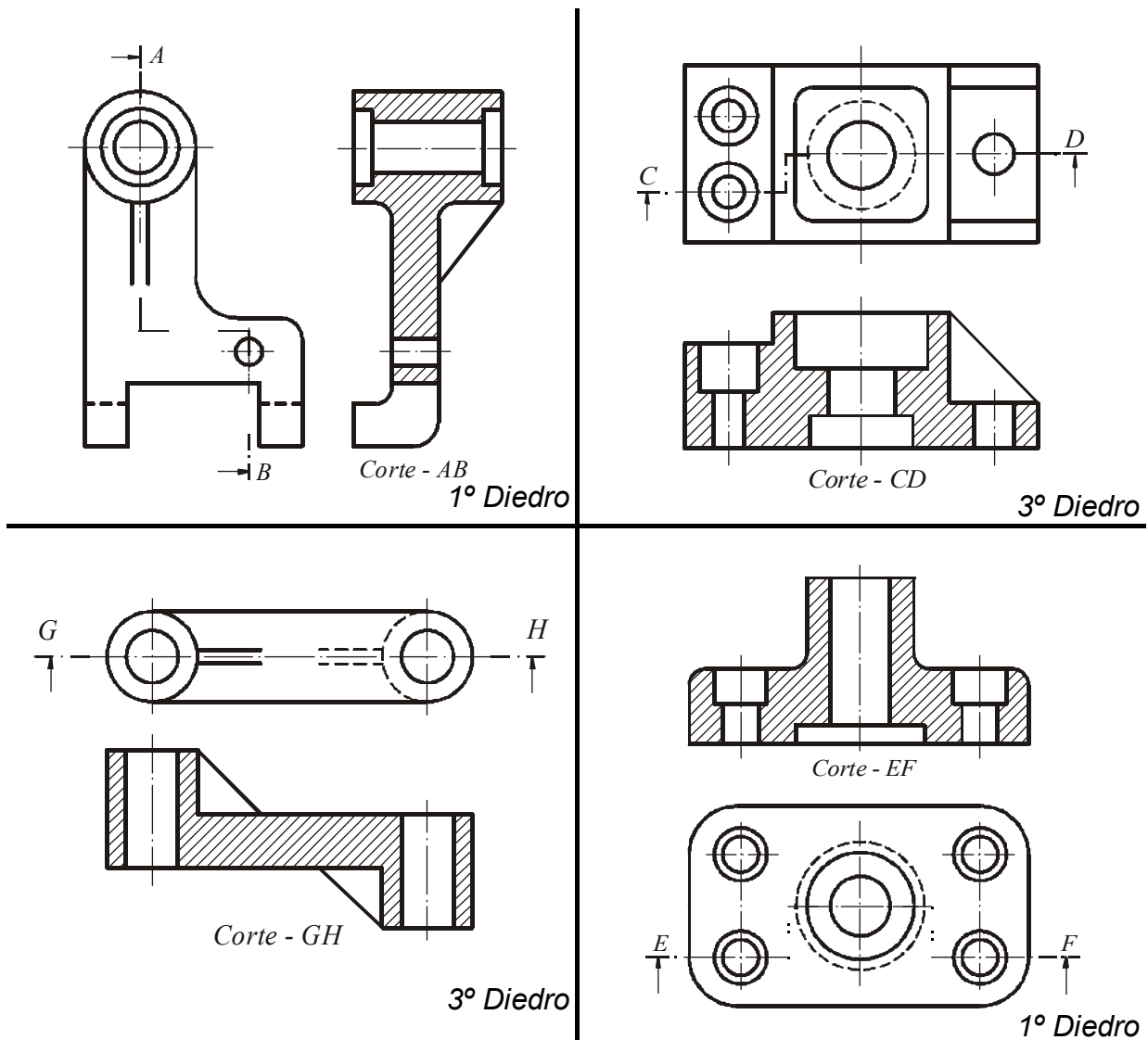
Corte - GH

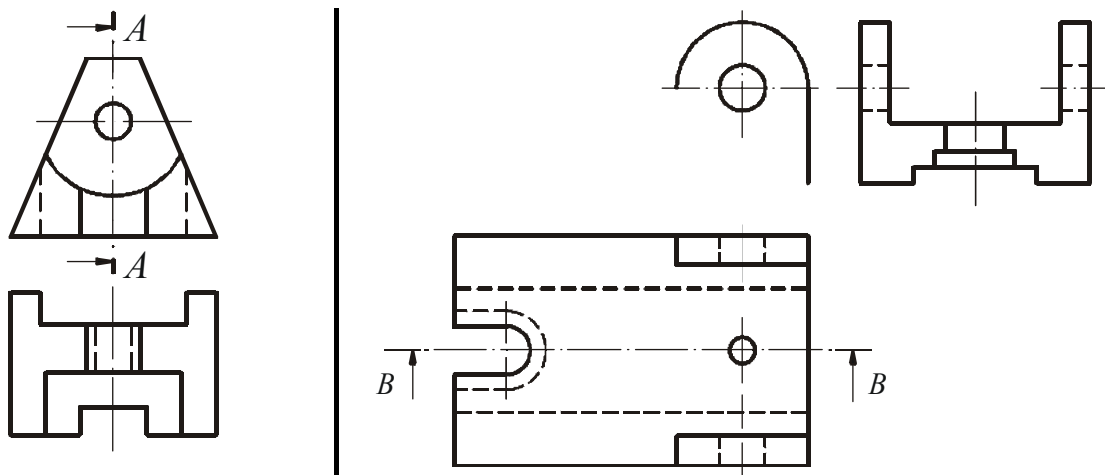
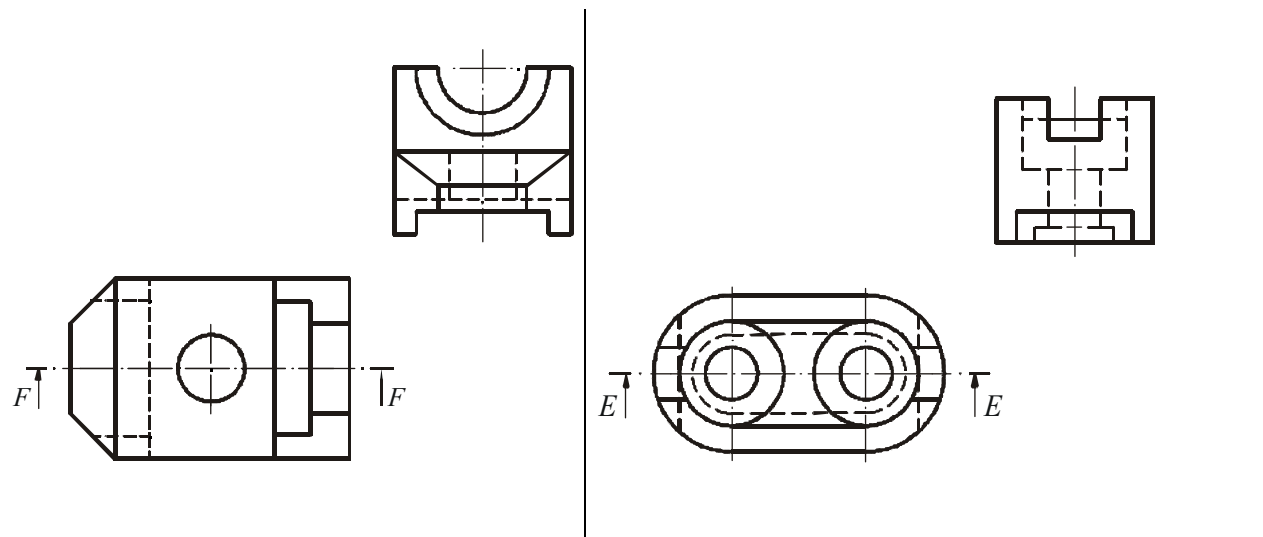
3º Diedro

Corte - EF

E

F

1º Diedro

Exercícios Propostos

Desenhar os cortes indicados

Particularidades dos Cortes em Desvio (Cortes Compostos)

Os desvios dos planos de corte podem conter superfícies oblíquas, conforme mostram as Figuras 5.13 e 5.14, nas quais os planos de corte "BB" e "CC" são compostos por superfícies concorrentes.

A superfície oblíqua do plano de corte é rotacionada até a obtenção de uma única superfície, para transformar o corte composto por duas superfícies em um corte reto.

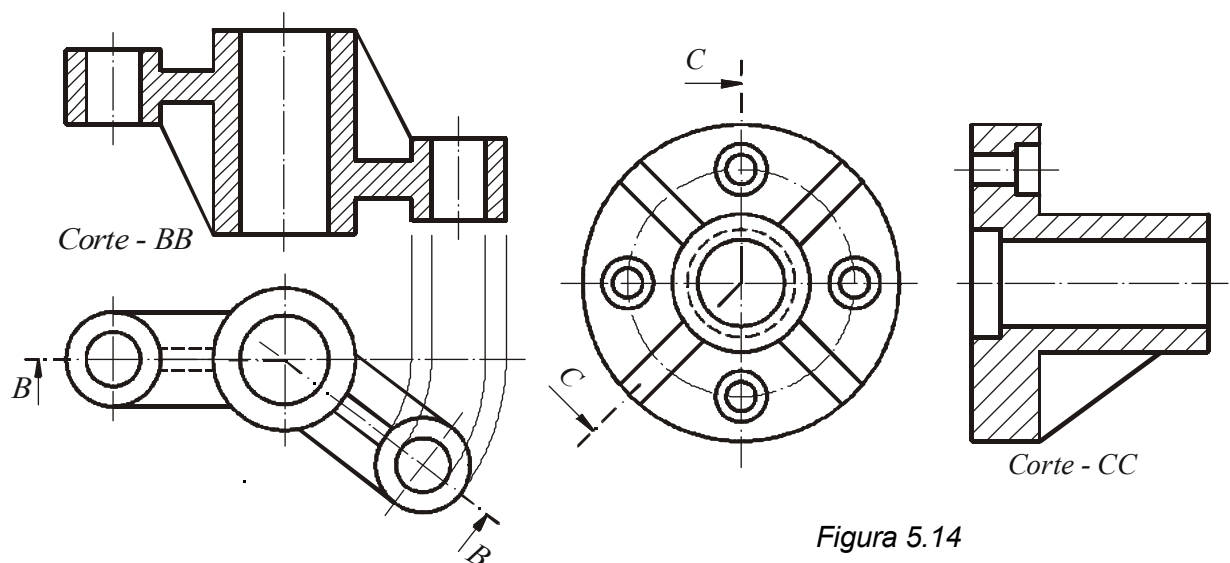



Figura 5.13

Figura 5.14

O desenho resultante com a rotação da parte oblíqua do plano de corte representa a verdadeira grandeza do corte contido pelos planos concorrentes.

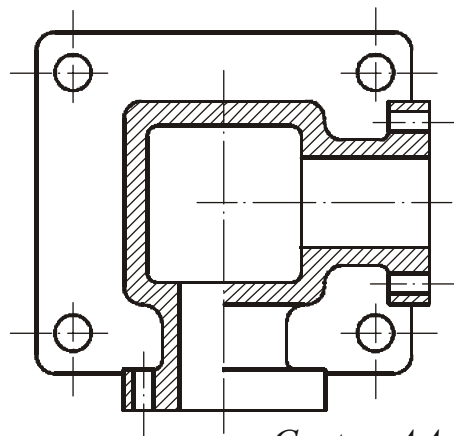
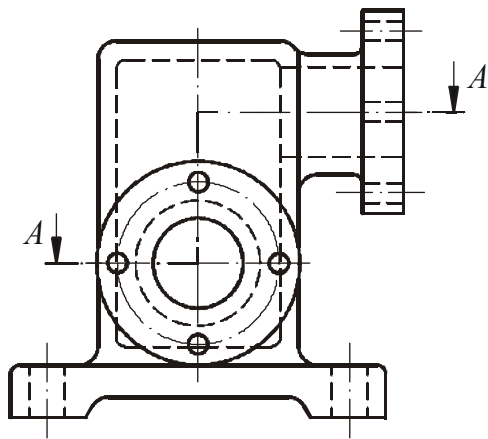



Figura 5.15

As Figuras 5.10 e 5.15 mostram um outro exemplo de corte em desvio, onde a disposição do plano secante exige o deslocamento das hachuras para facilitar a identificação das partes cortadas.

O plano de corte também pode ser composto por planos sucessivos conforme mostra a Figura 5.16.

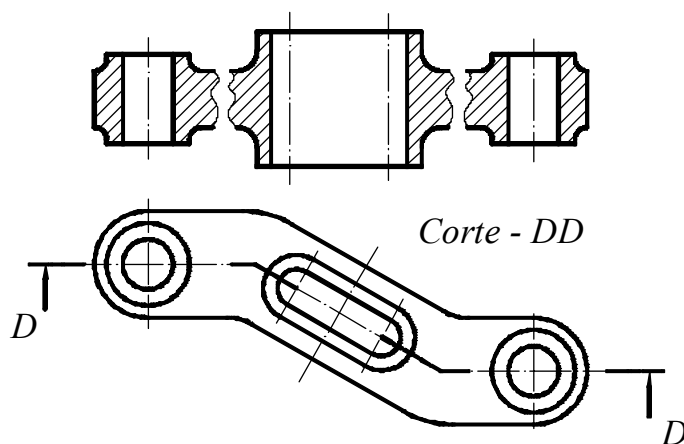



Figura 5.16

No exemplo apresentado na Figura 5.16, é necessário utilizar rupturas para poder representar a verdadeira grandeza da parte oblíqua e, ao mesmo tempo, manter o alinhamento vertical das vistas. Desta forma, o corte composto apresenta o resultado de um corte reto, onde os detalhes das diferentes superfícies do corte composto aparecem em verdadeira grandeza.

Quando a peça contiver detalhes (furos, ressaltos, nervuras, etc.) radialmente distribuídos e que não são atingidos pelo plano de corte, faz-se, sem qualquer menção ou indicação, a rotação dos detalhes até que coincidam com o plano de corte, conforme mostra a Figura 5.17. A vista em corte será simétrica e os detalhes rotacionados aparecem em suas verdadeiras grandezas.

Na Figura 5.17 pode-se observar, na vista resultante do corte – GG, que houve no lado esquerdo o rotacionamento da nervura superior, e no lado direito aparecem rotacionados o ressalto inferior com o seu furo e a sua nervura.

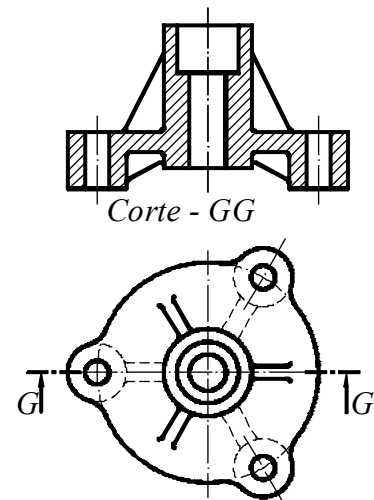
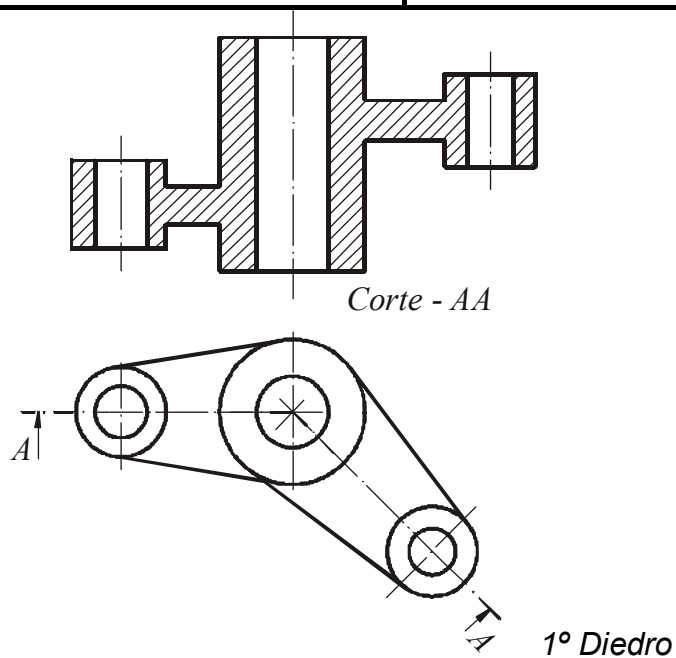
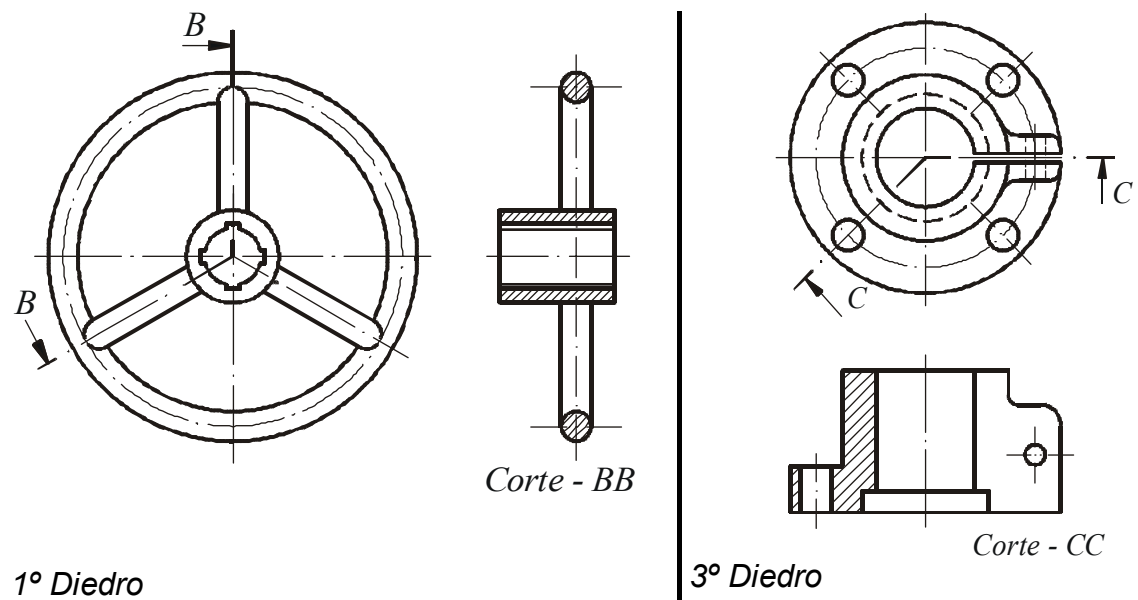



Figura 5.17

Exercícios Resolvidos

Meio Corte

Em peças simétricas é conveniente fazer com que o plano de corte vá somente até a metade da peça. Deste modo, a vista em corte representará simultaneamente a forma externa e interna da peça.

A Figura 5.18 mostra a linha de corte indo até o meio da peça, e desviando-se perpendicularmente para fora da peça.

O eixo de simetria separa o lado cortado do não cortado. A vista em corte mostra, em relação ao eixo de simetria e à linha de corte, na parte inferior, a forma interna da peça e na parte superior a forma externa.

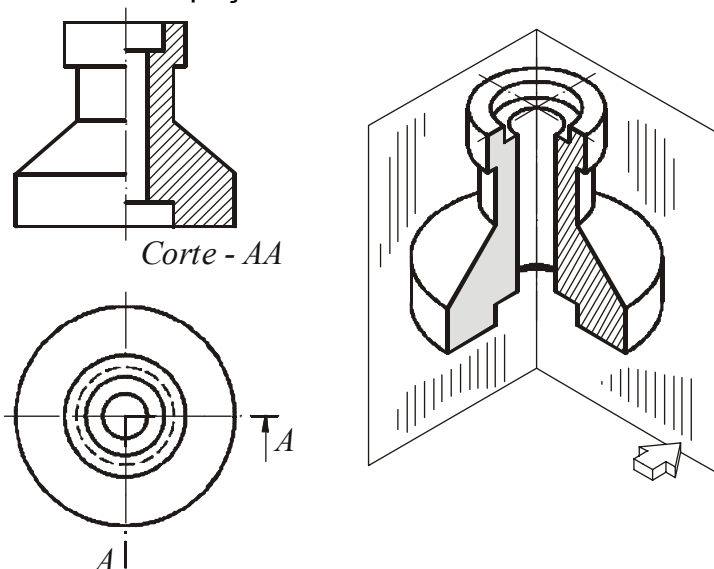



Figura 5.18

Assim como no corte total, no meio corte, tanto na parte cortada como na parte não cortada, também não se deve representar as arestas invisíveis. Ou seja, em ambos os lados, as linhas tracejadas somente devem ser desenhadas se forem imprescindíveis para a compreensão do desenho.

Considerando que nas regras para desenhar vistas em corte, a de número 4 permite que não se coloque a linha de corte quando a posição da mesma é óbvia; nas vistas desenhadas com meio corte, devido às peças serem simétricas, na maioria dos casos a posição da linha de corte será obvia. Assim sendo, a grande maioria de desenhos em meio corte não apresentará a linha de corte.

Quando não há representação da linha de corte, as normas determinam que: quando o eixo de simetria for vertical a metade cortada deverá ser representada à direita e, quando o eixo de simetria for horizontal à metade cortada deverá estar na parte inferior, conforme mostram as Figuras 5.19 (a) e (b).

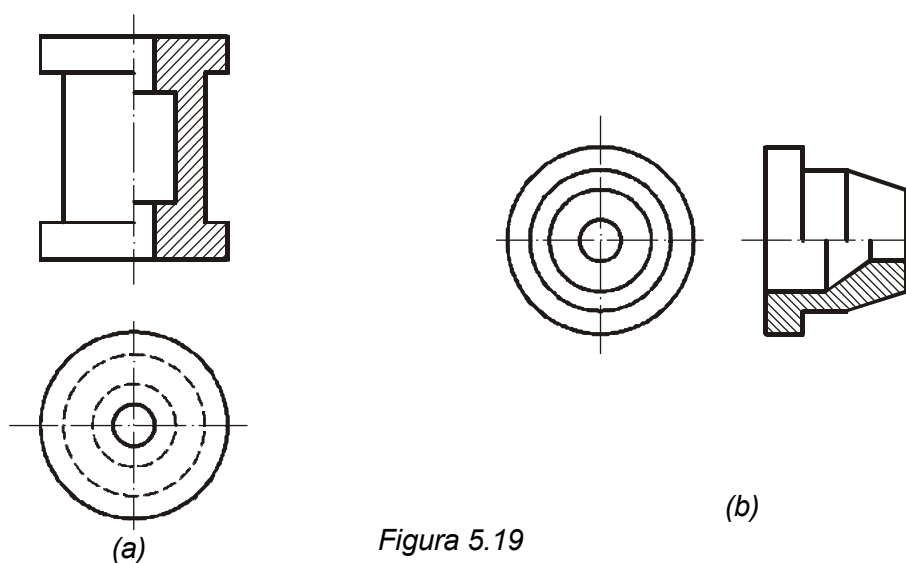



Figura 5.19

Corte Parcial

Nos Cortes Parciais ou Rupturas como também são chamados, apenas uma parte da peça é cortada visando mostrar algum detalhe interno. Quando os detalhes estão concentrados numa determinada parte da peça não haverá necessidade de utilizar um corte completo e, assim sendo, para facilitar a execução do desenho deve-se utilizar o corte parcial.

Nos cortes parciais o plano secante atinge a peça somente até aonde se deseja detalhar e o limite do corte é definido por uma linha de ruptura. A linha de ruptura é uma linha irregular, contínua e de espessura fina.

Nos cortes parciais são representadas todas as arestas invisíveis, ou seja, se colocam todas as linhas tracejadas.

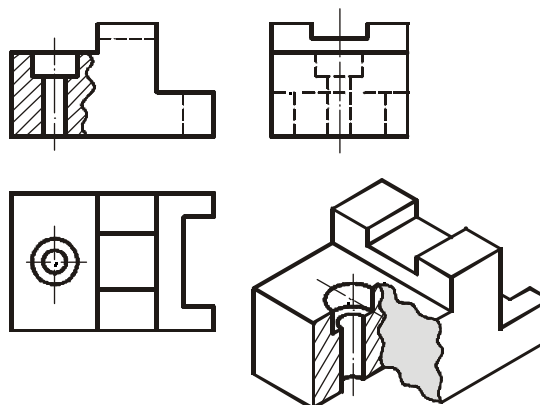
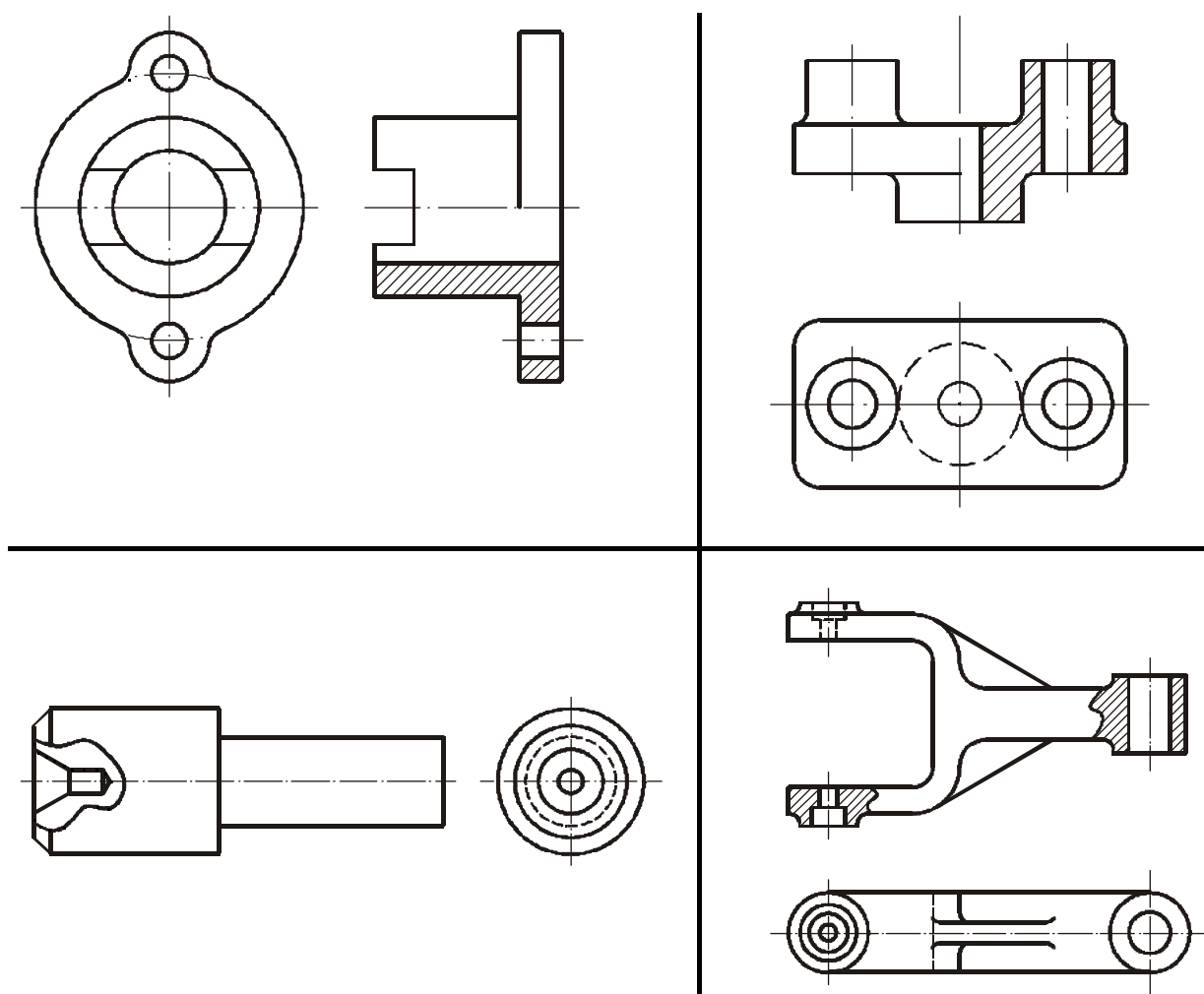



Figura 5.20

Exercícios Resolvidos com Meio Corte e Corte Parcial

Seções

Seção é um corte que representa somente a intersecção do plano secante com a peça. Em outras palavras, a seção representa a forma de um determinado ponto da peça. Para facilitar o entendimento da diferença entre corte e seção, a Figura 5.21 mostra a aplicação, em uma mesma peça, de corte AA na parte superior da figura e da seção AA na parte inferior.

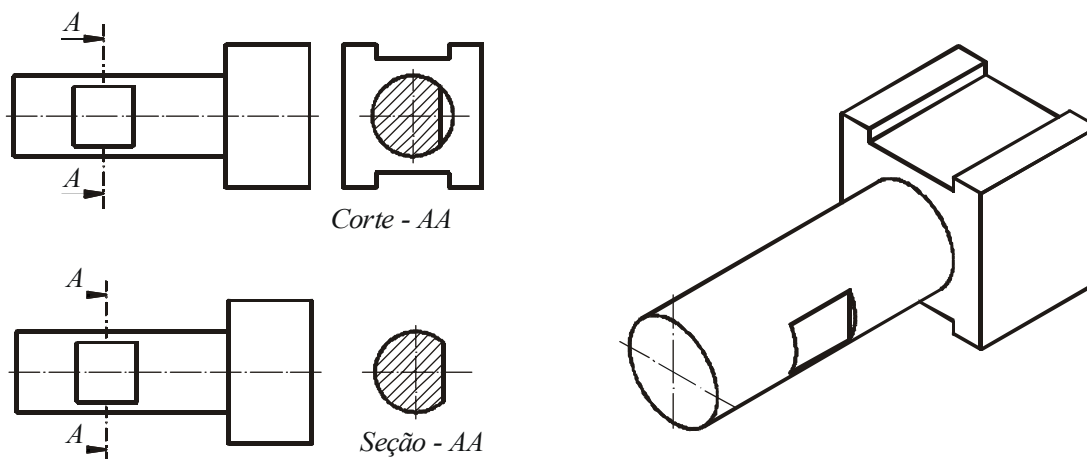



Figura 5.21

Observe que na vista em corte é representado tudo que se está vendo a partir do plano de corte AA, enquanto, na seção é representada somente a parte atingida pelo plano de corte AA (parte hachurada).

As seções são chamadas de Seções Transversais porque o plano secante é perpendicular ao eixo da parte a ser seccionada e o corte resultante é rebatido sobre o plano do papel.

As seções podem ser desenhadas dentro do contorno da vista ou fora do contorno da vista e são utilizadas para representar a forma de nervuras, braços de volantes, rasgos etc..

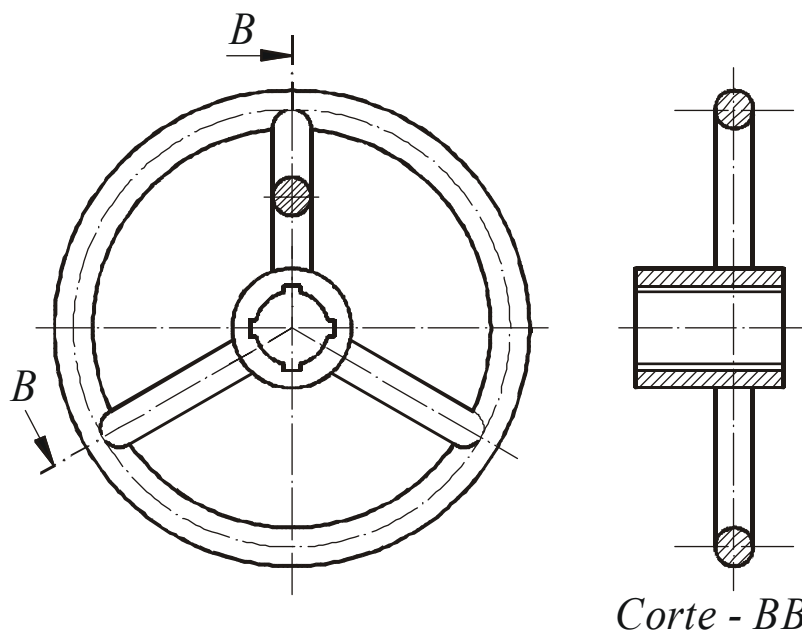



Figura 5.22

A Figura 5.22 já foi mostrada nos exercícios resolvidos da página 9.

Observe que com a aplicação de uma seção, desenhada dentro do contorno da vista, sobre o braço do volante fica mais fácil o entendimento do desenho.

A figura 5.23 apresenta a aplicação de seção, desenhada dentro do contorno da vista, com o objetivo de mostrar a forma do braço com a nervura.

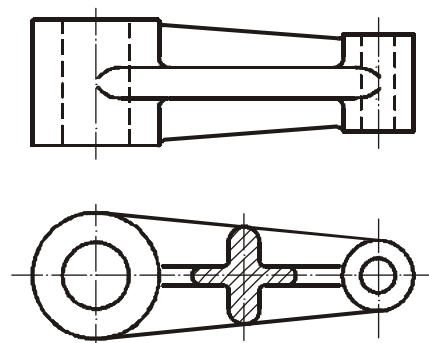



Figura 5.23

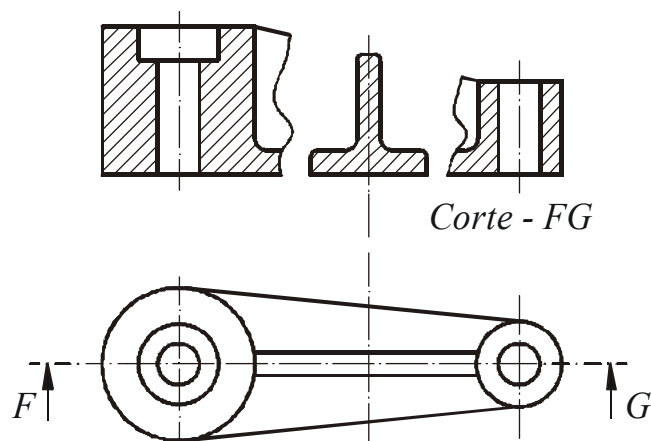



Figura 5.24

Quando as linhas do desenho prejudicarem a interpretação da seção e vice-versa, faz-se a interrupção da vista utilizando linhas de rupturas.

A figura 5.24 mostra a aplicação de seção desenhada dentro dos contornos da vista com a utilização de linhas de rupturas.

Como a peça tem dimensões variáveis ao longo de seu comprimento, a linha de centro vincula a seção a um determinado ponto da peça.

No caso da Figura 5.24, as dimensões da seção correspondem às dimensões da peça no ponto determinado pela linha de centro.

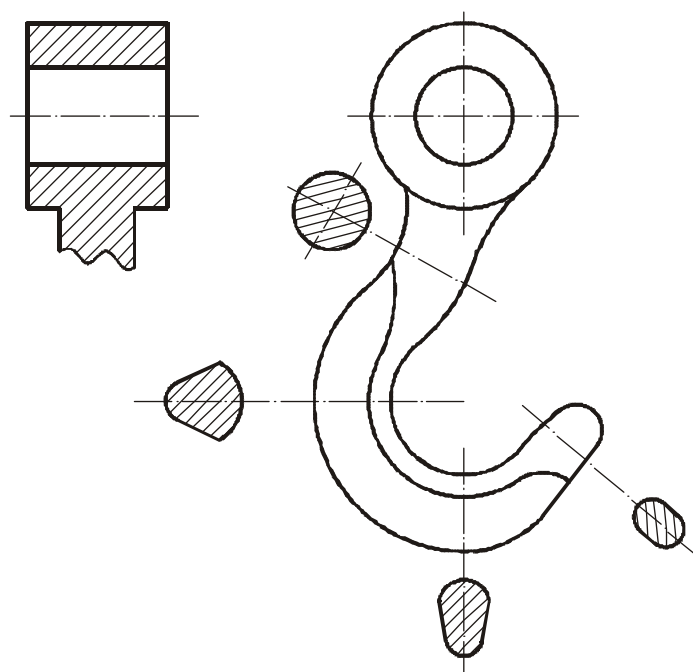



Figura 5.25

As seções podem ser utilizadas para mostrar a variação da forma de uma peça ao longo de seu comprimento (Seções Sucessivas).

As Figuras 5.25 e 5.26 mostram as diferentes seções de cada ponto das respectivas peças, desenhadas fora do contorno da vista.

Nestes casos, como as seções foram desenhadas próximas das vistas, as linhas traço ponto (linhas de centro) fazem a identificação dos pontos seccionados em cada peça.

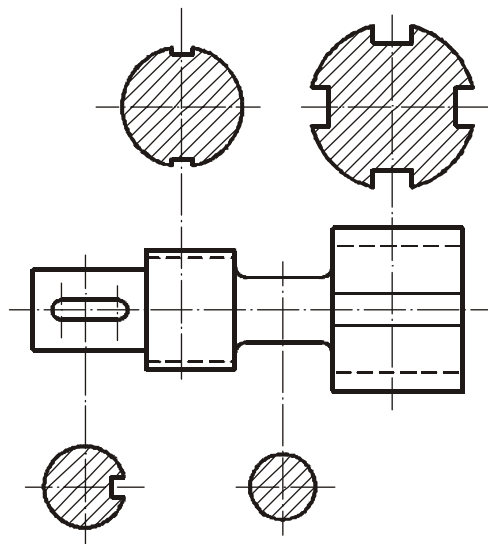



Figura 5.26

Quando as seções forem desenhadas fora do contorno da vista e deslocadas em relação à posição da vista, é necessário fazer a identificação da posição do plano secante utilizando linha de corte e letras para vinculação das seções com a peça.

A Figura 5.27 mostra as mesmas seções da Figura 5.26, porém, desenhadas deslocadas em relação à vista com as linhas de corte identificadas por letras.

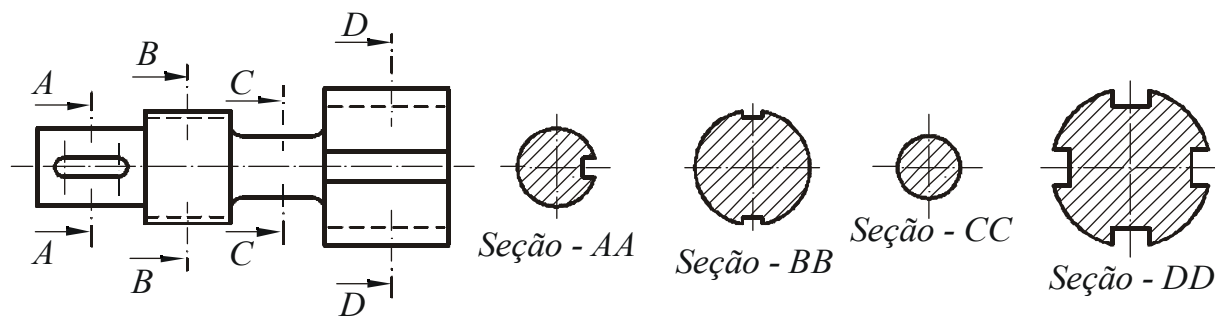



Figura 5.27

Vale a pena observar que, apesar de ser normalizado a indicação do sentido de observação no desenho de seções deslocadas em relação à vista, não existe lógica na indicação do sentido de observação porque a seção representa a forma do local indicado e, assim, a forma será a mesma independente do sentido de observação.

Capítulo 6

ESCALAS E DIMENSIONAMENTO

Introdução

Ainda que o principal objetivo deste livro seja preparar para a leitura e interpretação de desenho técnico, é necessário abordar os princípios básicos de dimensionamento, porque o exercício da engenharia poderá requerer a execução de esboços cotados.

Não se pode esquecer que, na área da engenharia, o meio utilizado para expor o resultado de um projeto resultante de estudos e cálculos é o desenho técnico e, assim sendo, os engenheiros, de qualquer modalidade, no mínimo precisam estar preparados para elaborar esboços cotados. Esboço cotado é um desenho técnico feito a mão-livre, no qual, além da representação da forma, estão contidas todas as dimensões do objeto.

Desta forma, os assuntos referentes ao dimensionamento dos objetos representados serão apresentados, neste capítulo, visando não só a interpretação de desenhos mas também a sua elaboração.

Escalas

Como o desenho técnico é utilizado para representação de máquinas, equipamentos, prédios e até unidades inteiras de processamento industrial, é fácil concluir que nem sempre será possível representar os objetos em suas verdadeiras grandezas. Assim, para viabilizar a execução dos desenhos, os objetos grandes precisam ser representados com suas dimensões reduzidas, enquanto os objetos, ou detalhes, muito pequenos necessitarão de uma representação ampliada.

Para evitar distorções e manter a proporcionalidade entre o desenho e o tamanho real do objeto representado, foi normalizado que as reduções ou ampliações devem ser feitas respeitando uma razão constante entre as dimensões do desenho e as dimensões reais do objeto representado.

A razão existente entre as dimensões do desenho e as dimensões reais do objeto é chamada de escala do desenho.

É importante ressaltar que, sendo o desenho técnico uma linguagem gráfica, a ordem da razão nunca pode ser invertida, e a escala do desenho sempre será definida pela relação existente entre as dimensões lineares de um desenho com as respectivas dimensões reais do objeto desenhado.

DIMENSÃO DO DESENHO : DIMENSÃO REAL DO OBJETO

Para facilitar a interpretação da relação existente entre o tamanho do desenho e o tamanho real do objeto, pelo menos um dos lados da razão sempre terá valor unitário, que resulta nas seguintes possibilidades:

- **1 : 1** para desenhos em tamanho natural – Escala Natural
- **1 : n > 1** para desenhos reduzidos – Escala de Redução
- **n > 1 : 1** para desenhos ampliados – Escala de Ampliação

A norma NBR 8196 da ABNT recomenda, para o Desenho Técnico, a utilização das seguintes escalas:

Categoria	***Escalas recomendadas***		
Escala de Redução	*1 : 2*	*1 : 5*	*1 : 10*
	1 : 20	*1 : 50*	*1 : 100*
	1 : 200	*1 : 500*	*1 : 1000*
	1 : 2000	*1 : 5000*	*1 : 10000*
Escala de Ampliação	*2 : 1*	*5 : 1*	*10 : 1*
	20 : 1	*50 : 1*	

A indicação é feita na legenda dos desenhos utilizando a palavra ESCALA, seguida dos valores da razão correspondente.

Quando, em uma mesma folha, houver desenhos com escalas diferentes daquela indicada na legenda, existirá abaixo dos respectivos desenhos a identificação das escalas utilizadas.

Dimensionamento

O desenho técnico, além de representar, dentro de uma escala, a forma tridimensional, deve conter informações sobre as dimensões do objeto representado. As dimensões irão definir as características geométricas do objeto, dando valores de tamanho e posição aos diâmetros, aos comprimentos, aos ângulos e a todos os outros detalhes que compõem sua forma espacial.

A forma mais utilizada em desenho técnico é definir as dimensões por meio de cotas que são constituídas de linhas de chamada, linha de cota, setas e do valor numérico em uma determinada unidade de medida, conforme mostra a Figura 6.1

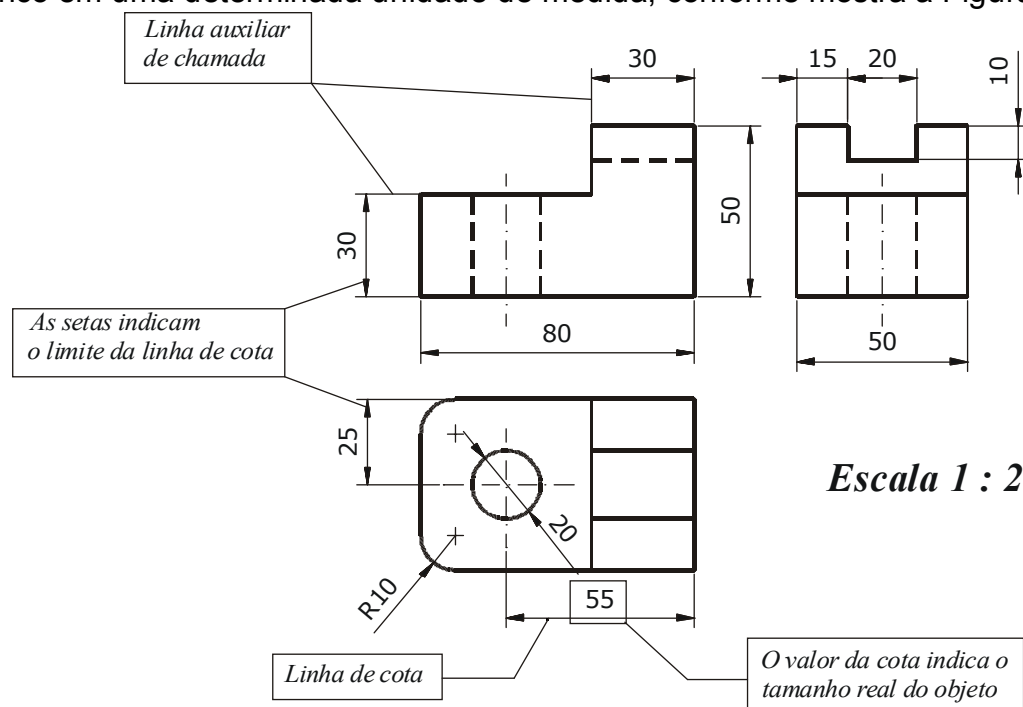



Figura 6.1

As cotas devem ser distribuídas pelas vistas e dar todas as dimensões necessárias para viabilizar a construção do objeto desenhado, com o cuidado de não colocar cotas desnecessárias.

As cotas devem ser colocadas uma única vez em qualquer uma das vistas que compõem o desenho, localizadas no local que representa mais claramente o elemento que está sendo cotado, conforme mostram as Figuras 6.2 e 6.3.

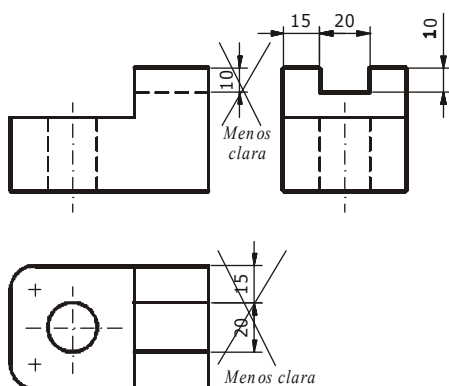



Figura 6.2

Na Figura 6.2, o dimensionamento do rasgo existente na parte superior da peça pode ser feito somente na vista lateral esquerda ou com cotas colocadas na vistas de frente e na vista superior. Observe que as cotas da vista lateral esquerda definem as dimensões com muito mais clareza.

Para facilitar a leitura do desenho, as medidas devem ser colocadas com a maior clareza possível evitando-se, principalmente, a colocação de cotas referenciadas às linhas tracejadas.

Na Figura 6.3 pode-se observar que as cotas colocadas na vista de frente representam as respectivas dimensões com muito mais clareza do que as cotas colocadas nas vistas superior e lateral esquerda.

Não devem existir cotas além das necessárias para definir as medidas do objeto. O dimensionamento ou localização dos elementos deve ser cotado somente uma vez, evitando-se cotas repetidas.

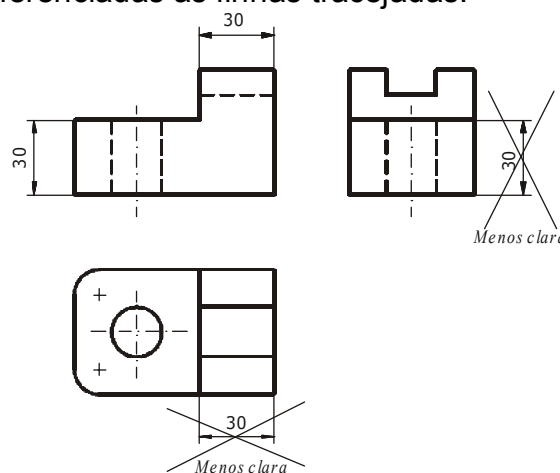



Figura 6.3

Todas as cotas de um desenho ou de um conjunto de desenhos de uma mesma máquina ou de um mesmo equipamento devem ter os valores expressos em uma mesma unidade de medida, sem indicação do símbolo da unidade de medida utilizada. Normalmente, a unidade de medida mais utilizada no desenho técnico é o milímetro.

Quando houver necessidade de utilizar outras unidades, além daquela predominante, o símbolo da unidade deve ser indicado ao lado do valor da cota.

A Figura 6.4 mostra a utilização de unidades diferentes. Enquanto a maioria das cotas está em milímetro e sem indicação da unidade utilizada, o comprimento da peça, na vista de frente, está cotado em centímetro, bem como a largura, na vista lateral, e o diâmetro do furo, na vista superior, estão em polegadas.

A Figura 6.4 também mostra a utilização de cota com tolerância de erro admissível para uma determinada dimensão. A cota de 20±0,1 significa que, no processo de fabricação, a dimensão da peça poderá variar de 19,9 a até 20,1.

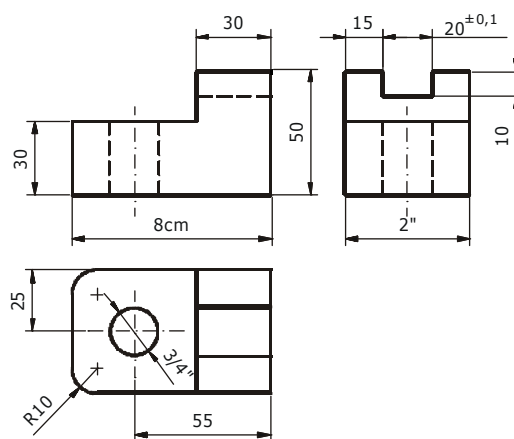



Figura 6.4

Na prática, a escolha das cotas ou a colocação de tolerâncias para limitar os erros dependerá dos processos utilizados na fabricação do objeto e também da sua utilização futura.

A Figura 6.5 mostra que as dimensões do recorte que aparece na vista de frente pode ser cotado valorizando o espaço retirado [Figura 6.5 (a)], ou pode ser cotado dando maior importância às dimensões das partes que sobram após o corte [Figura 6.5 (b)].

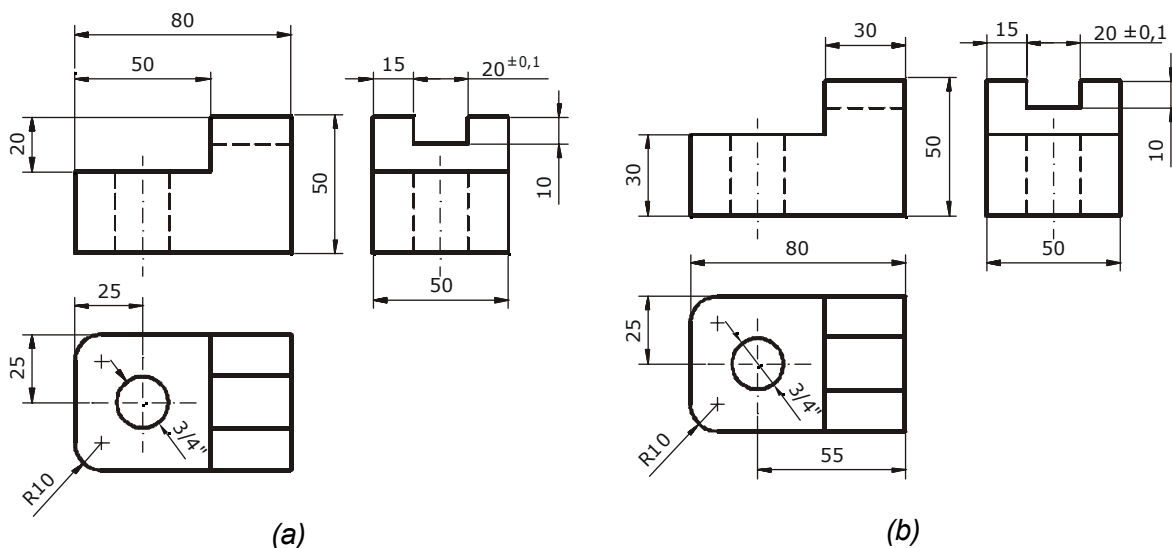



Figura 6.5

Outro exemplo de destaque da importância de uma determinada dimensão é a localização do furo em relação ao comprimento da peça, que na Figura 6.5 (a) é feito pela face esquerda com a cota de 25, enquanto na Figura 6.5 (b) é feito pela face direita com a cota de 55.

De acordo com as dimensões de maior importância, o construtor da peça fará o direcionamento dos erros conseqüentes dos processos de fabricação e a opção por um dos tipos exemplificados na Figura 6.5 será feita em função da utilização ou do funcionamento da peça.

A cotagem funcional e a definição de tolerâncias são matérias específicas da tecnologia de construção de máquinas e de equipamentos, que fogem dos objetivos deste livro.

Conforme já foi colocado na introdução deste capítulo, a meta é tratar o dimensionamento de objetos somente com o objetivo de preparar os estudantes de engenharia para a elaboração de esboços cotados.

Regras para Colocação de Cotas

A Figura 6.6 mostra que tanto as linhas auxiliares (linhas de chamada), como as linhas de cota, são linhas contínuas e finas. As linhas de chamadas devem ultrapassar levemente as linhas de cota e também deve haver um pequeno espaço entre a linha do elemento dimensionado e a linha de chamada.

As linhas de chamada devem ser, preferencialmente, perpendiculares ao ponto cotado. Em alguns casos, para melhorar a clareza da cotagem, as linhas de chamada podem ser oblíquas em relação ao elemento dimensionado, porém mantendo o paralelismo entre si, conforme mostra a Figura 6.6 (c).

As linhas de centro ou as linhas de contorno podem ser usadas como linhas de chamada, conforme mostra a Figura 6.6 (b). No entanto, é preciso destacar que

as linhas de centro ou as linhas de contorno não devem ser usadas como linhas de cota.

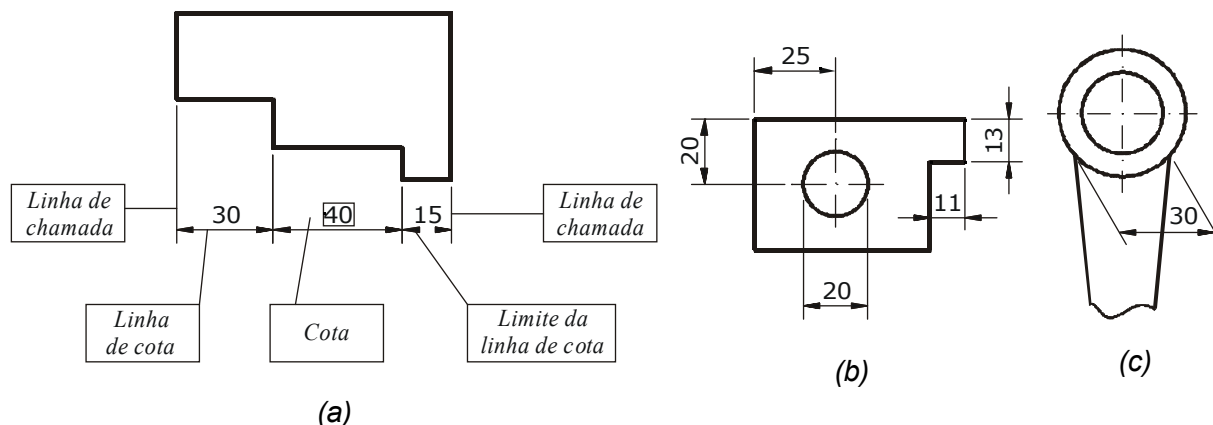



Figura 6.6

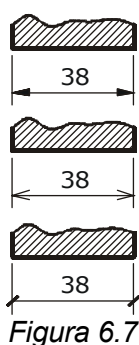



Figura 6.7

O limite da linha de cota pode ser indicado por setas, que podem ser preenchidas ou não, ou por traços inclinados, conforme mostra a Figura 6.7. A maioria dos tipos de desenho técnico utiliza as setas preenchidas. Os traços inclinados são mais utilizados nos desenhos arquitetônicos.

Em um mesmo desenho a indicação dos limites da cota deve ser de um único tipo e também deve ser de um único tamanho. Só é permitido utilizar outro tipo de indicação de limites da cota em espaços muito pequenos, conforme mostra a Figura 6.8.

Havendo espaço disponível, as setas que limitam a linha de cota ficam por dentro da linha de chamada com direções divergentes, conforme são apresentadas nas cotas de 15, 20 e 58 da Figura 6.8. Quando não houver espaço suficiente, as setas serão colocadas por fora da linha de cota com direções convergentes, exemplificadas pelas cotas de 7, 8 e 12 também na Figura 6.8. Observe que a cota de 12 utiliza como seu limite uma das setas da cota de 15.

Quando o espaço for muito pequeno, como é o caso das cotas de 5, os limites da cota serão indicados por uma seta e pelo traço inclinado.

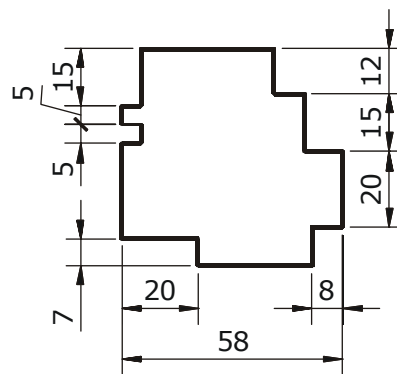



Figura 6.8

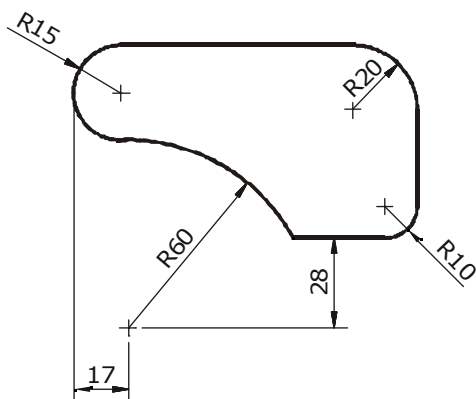



Figura 6.9

Na cotagem de raios, o limite da cota é definido por somente uma seta que pode estar situada por dentro ou por fora da linha de contorno da curva, conforme está exemplificado na Figura 6.9.

Os elementos cilíndricos sempre são dimensionados pelos seus diâmetros e localizados pelas suas linhas de centro, conforme mostra a Figura 6.10.

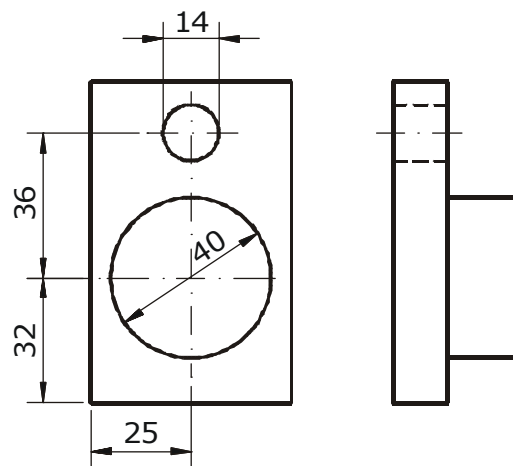



Figura 6.10

Para facilitar a leitura e a interpretação do desenho, deve-se evitar colocar cotas dentro dos desenhos e, principalmente, cotas alinhadas com outras linhas do desenho, conforme mostra a Figura 6.11.

Figura 6.11

Outro cuidado que se deve ter para melhorar a interpretação do desenho é evitar o cruzamento de linha da cota com qualquer outra linha.

As cotas de menor valor devem ficar por dentro das cotas de maior valor, para evitar o cruzamento de linhas de cotas com as linhas de chamada, conforme mostra a Figura 6.12.

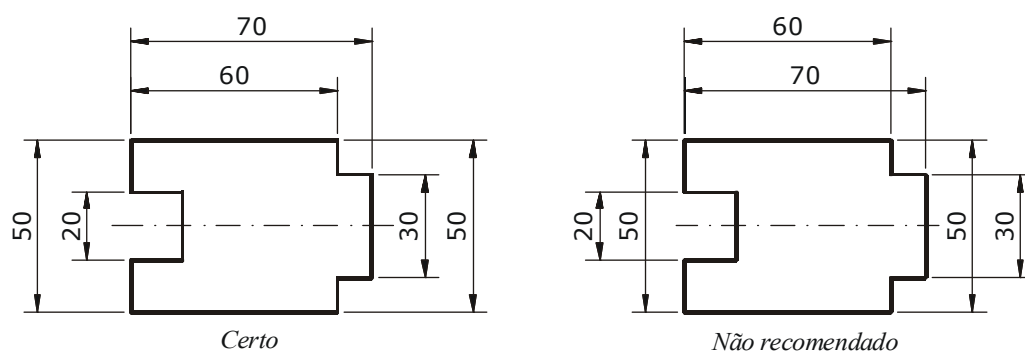



Figura 6.12

Sempre que possível, as cotas devem ser colocadas alinhadas, conforme mostram as Figuras 6.13 e 6.14.

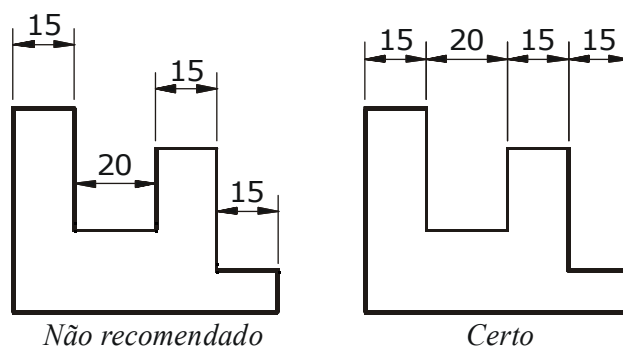



Figura 6.13

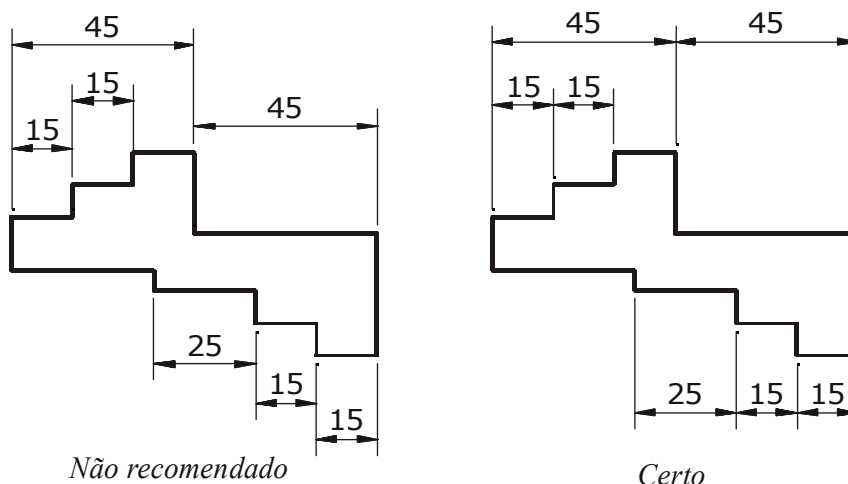



Figura 6.14

Os números que indicam os valores das cotas devem ter um tamanho que garanta a legibilidade e não podem ser cortados ou separados por qualquer linha.

A Norma NBR 10126 da ABNT fixa dois métodos para posicionamento dos valores numéricos das cotas.

O primeiro método, que é o mais utilizado, determina que:

- nas linhas de cota horizontais o número deverá estar acima da linha de cota, conforme mostra a Figura 6.15 (a);
- nas linhas de cota verticais o número deverá estar à esquerda da linha de cota, conforme mostra a figura 6.15 (a);
- nas linhas de cota inclinadas deve-se buscar a posição de leitura, conforme mostra a Figura 6.15 (b).

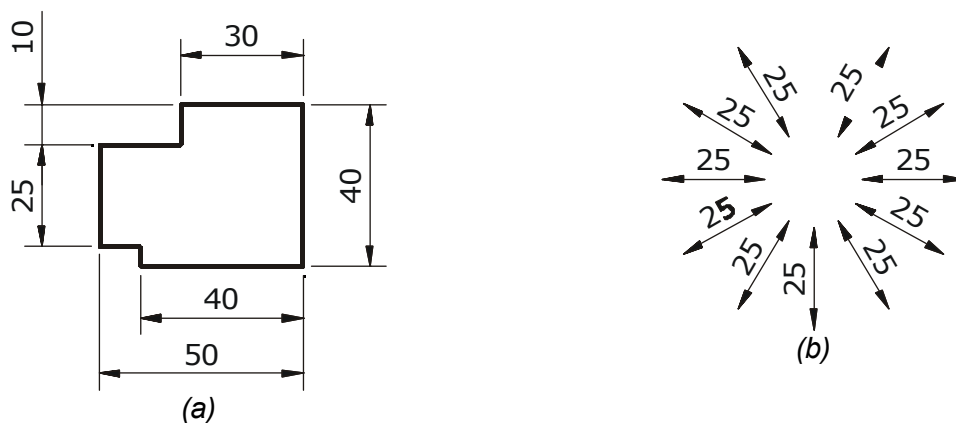



Figura 6.15

Pelo segundo método, as linhas de cota são interrompidas e o número é intercalado no meio da linha de cota e, em qualquer posição da linha de cota, mantém a posição de leitura com referência à base da folha de papel, conforme mostra a Figura 6.16.

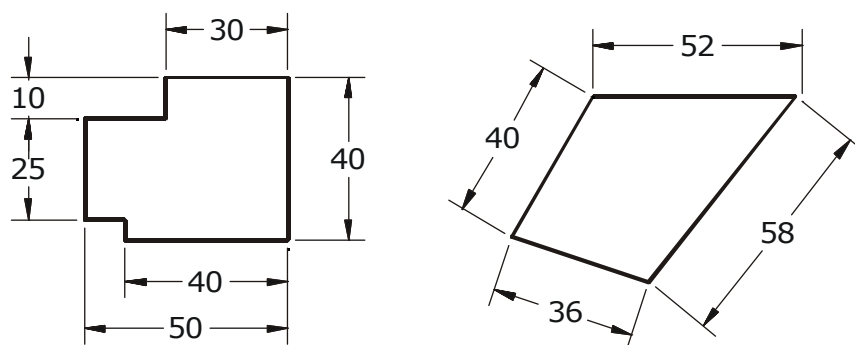



Figura 6.16

As Figuras 6.17 (a) e (b) mostram, respectivamente, a cotagem de ângulos pelos dois métodos normalizados pela ABNT. A linha de cota utilizada na cotagem de ângulos é traçada em arco cujo centro está no vértice do ângulo.

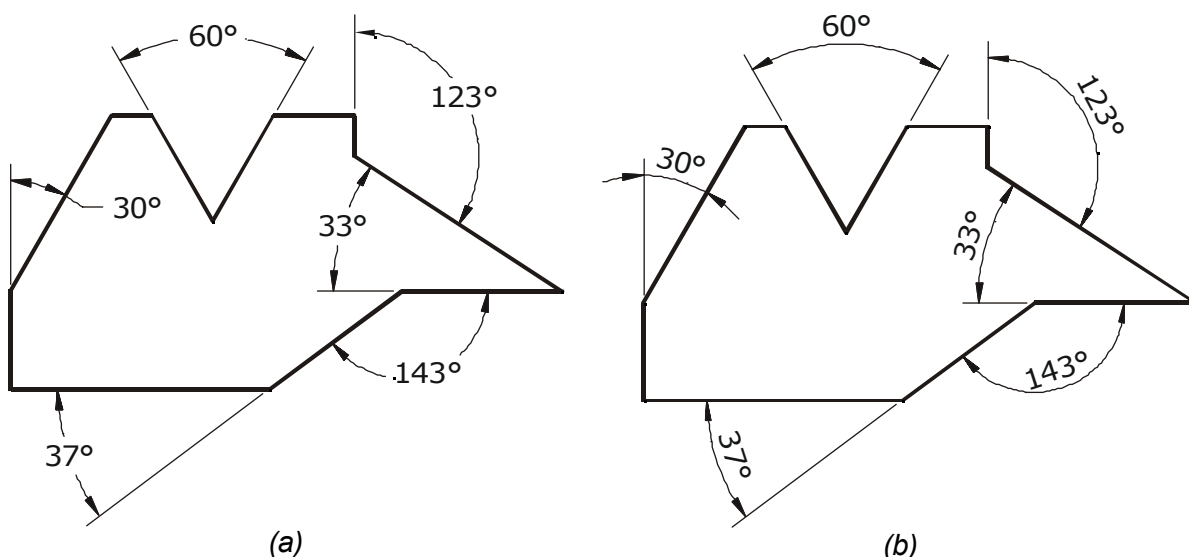



Figura 6.17

Para melhorar a leitura e a interpretação das cotas dos desenhos são utilizados símbolos para mostrar a identificação das formas cotadas, conforme mostra a tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Símbolos indicativos das formas cotadas.

∅ : Indicativo de diâmetro	∅ **ESF** : Indicativo de diâmetro esférico
R : Indicativo de raio	**R ESF** : Indicativo de raio esférico
□ : Indicativo de quadrado	

Os símbolos devem preceder o valor numérico da cota, como mostram as Figuras 6.18 (a), (b), (c), (d) e (e).

Ø20
Ø40
(a)
R ESF 37
Ø40
(b)
ØESF 30
Ø18
(c)
R10
R10
R20
R37
R3
(d)
□20
Ø30
(e)

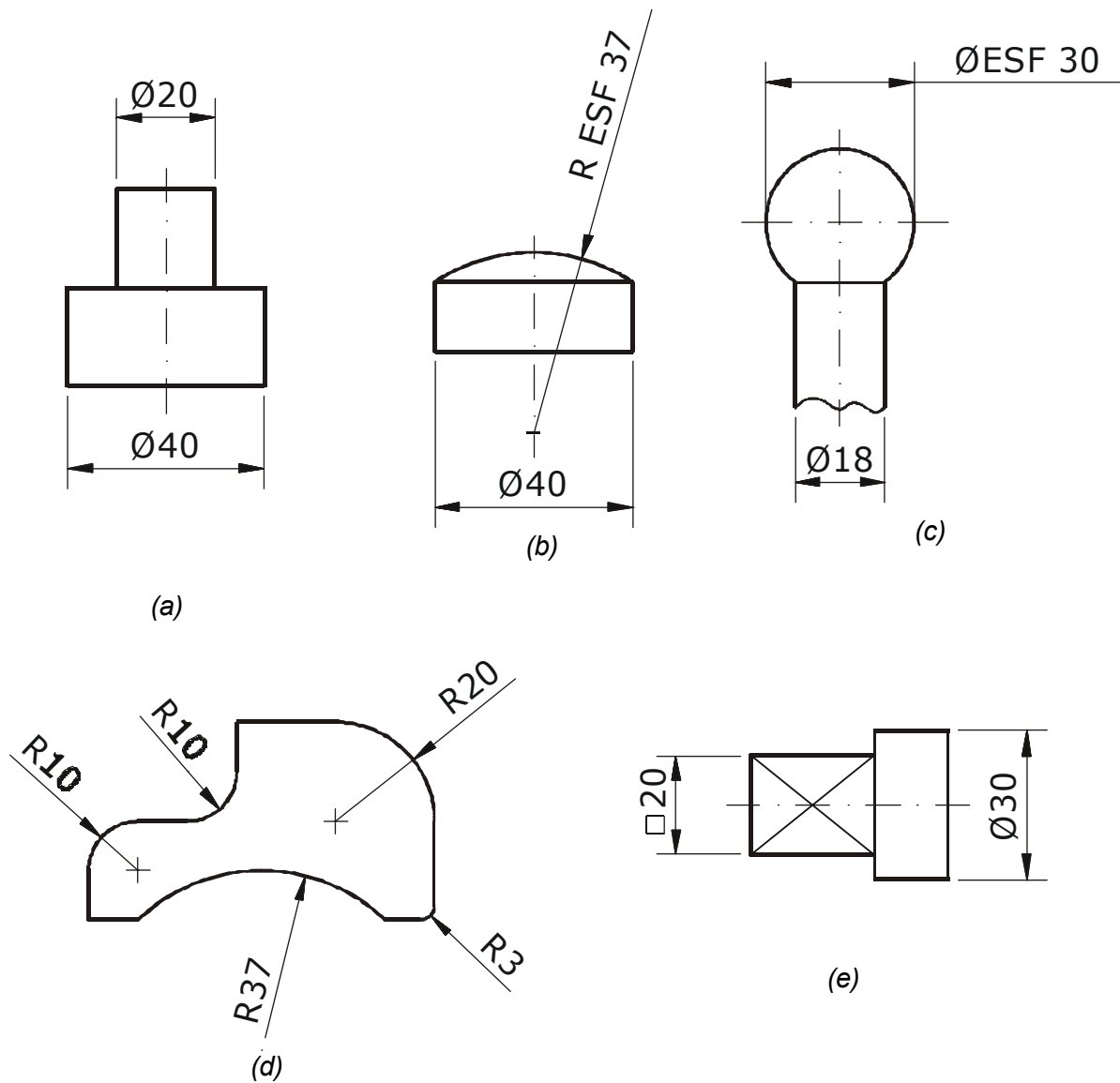



Figura 6.18

Quando a forma do elemento cotado estiver claramente definida, os símbolos podem ser omitidos, conforme mostram as Figuras 6.19 (a) e (b).

(a) (b)

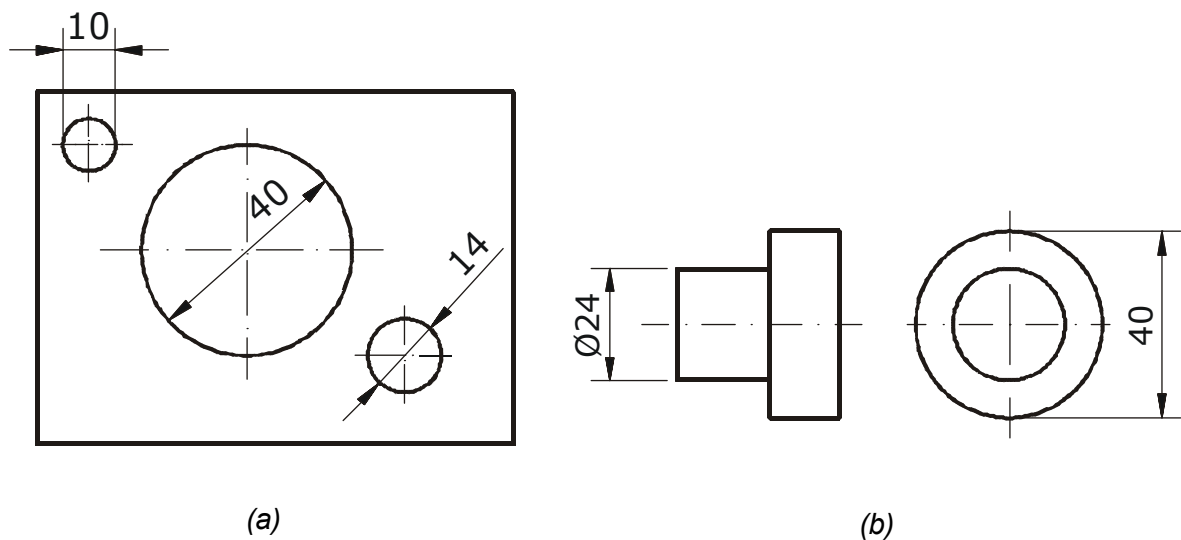



Figura 6.19

Tipos de Cotagem

As cotas podem ser colocadas em cadeia (cotagem em série), na qual as cotas de uma mesma direção são referenciadas umas nas outras, como mostram as Figuras 6.20 (a) e (b), ou podem ser colocadas tendo um único elemento de referência, como mostram as Figuras 6.21 (a) e (b).

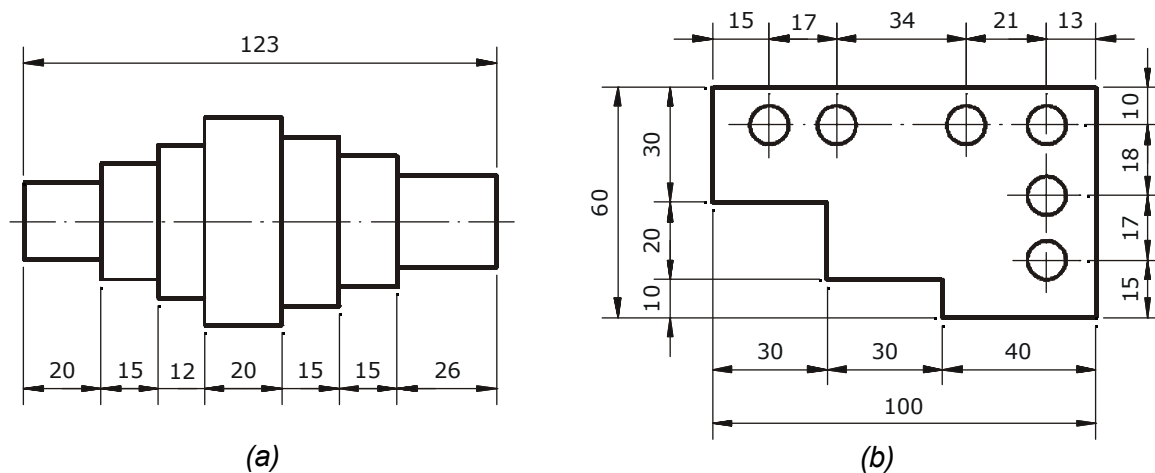



Figura 6.20

Na cotagem em série, mostrada nas Figuras 6.20 (a) e (b), durante os processos de fabricação da peça, ocorrerá a soma sucessiva dos erros cometidos na execução de cada elemento cotado, enquanto no tipo de cotagem mostrado nas Figuras 6.21 (a) e (b) como todas as cotas, de uma determinada direção, são referenciadas ao mesmo elemento de referência, não ocorrerá a soma dos erros cometidos na execução de cada cota.

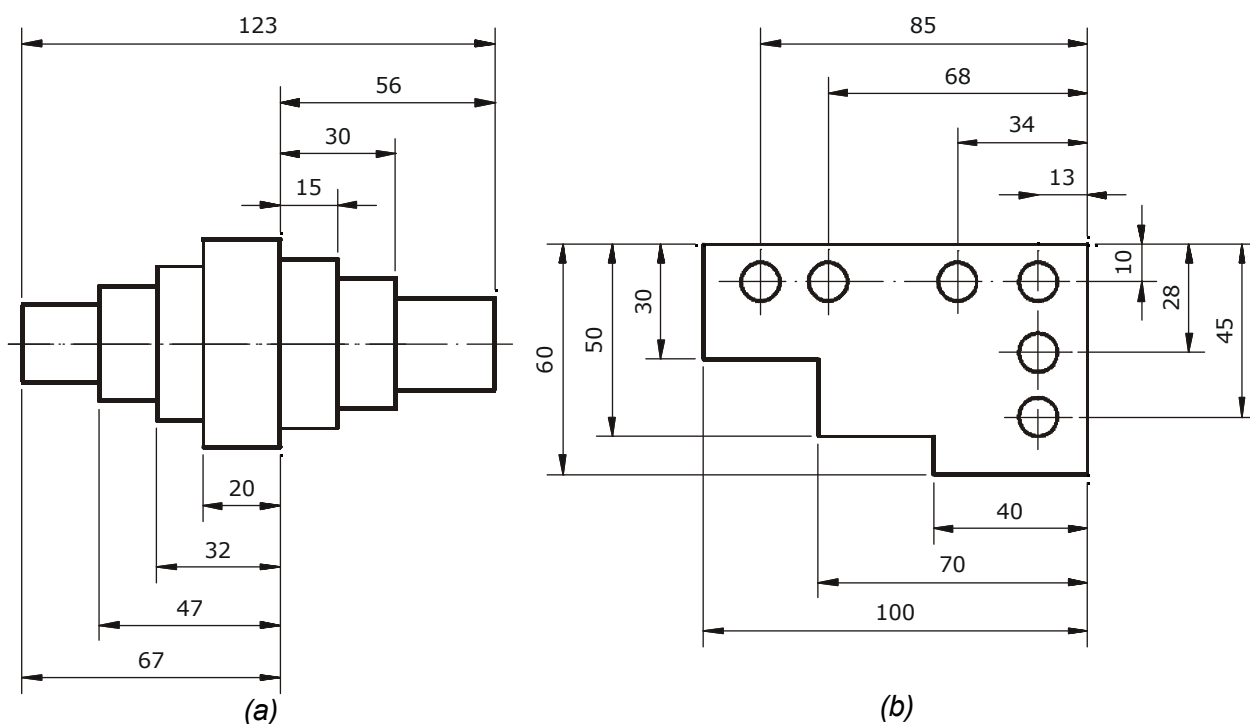



Figura 6.21

A cotagem por elemento de referência, mostrada nas Figuras 6.21 (a) e (b), é chamada de cotagem em paralelo.

Outro tipo de cotagem por elemento de referência é a cotagem aditiva. A cotagem aditiva é uma variação simplificada da cotagem em paralelo, que pode ser usada onde houver problema de espaço.

Na prática a cotagem aditiva não é muito utilizada porque existe a possibilidade de dificultar a interpretação do desenho e conseqüentemente gerar problemas na construção da peça. A Figura 6.22 mostra o desenho da Figura 6.21 (b) utilizando cotagem aditiva ao invés da cotagem em paralelo.

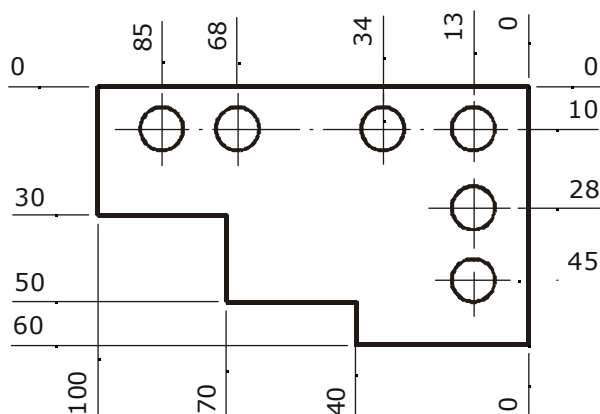



Figura 6.22

A origem é localizada no elemento de referência e as cotas dos outros elementos da peça são colocadas na frente de pequenas linhas de chamadas que vinculam a cota ao seu respectivo elemento.

Conforme já foi mencionada anteriormente, a escolha do tipo de cotagem está diretamente vinculada à fabricação e à futura utilização do objeto e, como em quase todos os objetos existem partes que exigem uma maior precisão de fabricação e também existem partes que admitem o somatório de erros sucessivos, na prática é muito comum a utilização combinada da cotagem por elemento de referência com a cotagem em série, conforme mostra a Figura 6.23.

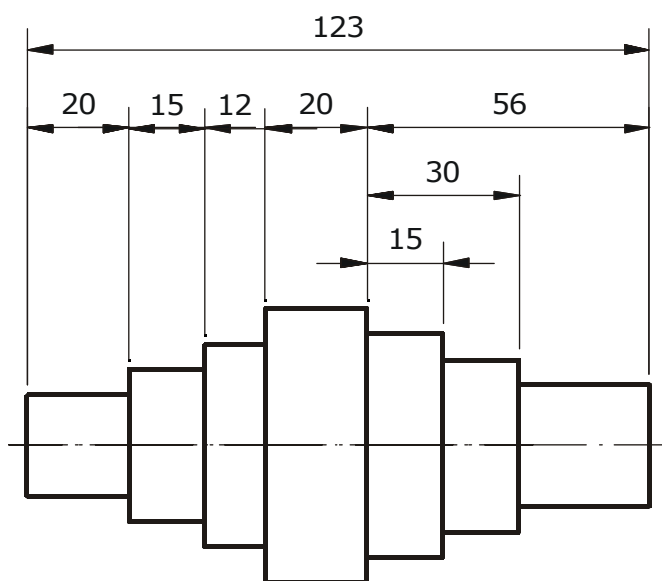



Figura 6.23

Cotagem de Cordas e Arcos

A diferença entre a cotagem de cordas e arcos é a forma da linha de cota. Quando o objetivo é definir o comprimento do arco, a linha de cota deve ser paralela ao elemento cotado.

A Figura 6.24 mostra na parte superior (cota de 70) a cotagem de arco e na parte inferior (cota de 66) a cotagem de corda.

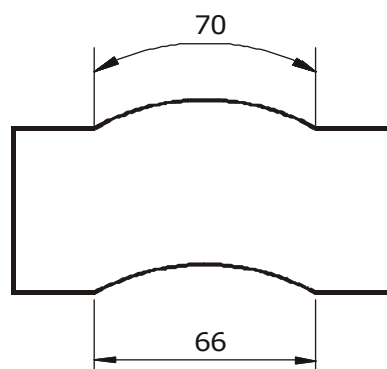



Figura 6.24

Cotagem de Ângulos, Chanfros e Escareados

Para definir um elemento angular são necessárias pelo menos duas cotas, informando os comprimentos de seus dois lados ou o comprimento de um dos seus lados associados ao valor de um dos seus ângulos, conforme mostra a Figura 6.25 (a). Quando o valor do ângulo for 45°, resultará em ângulos iguais e lados iguais e, nesta situação, pode-se colocar em uma única linha de cota o valor dos dois lados ou de um lado associado ao ângulo, como mostra a Figura 6.25 (b).

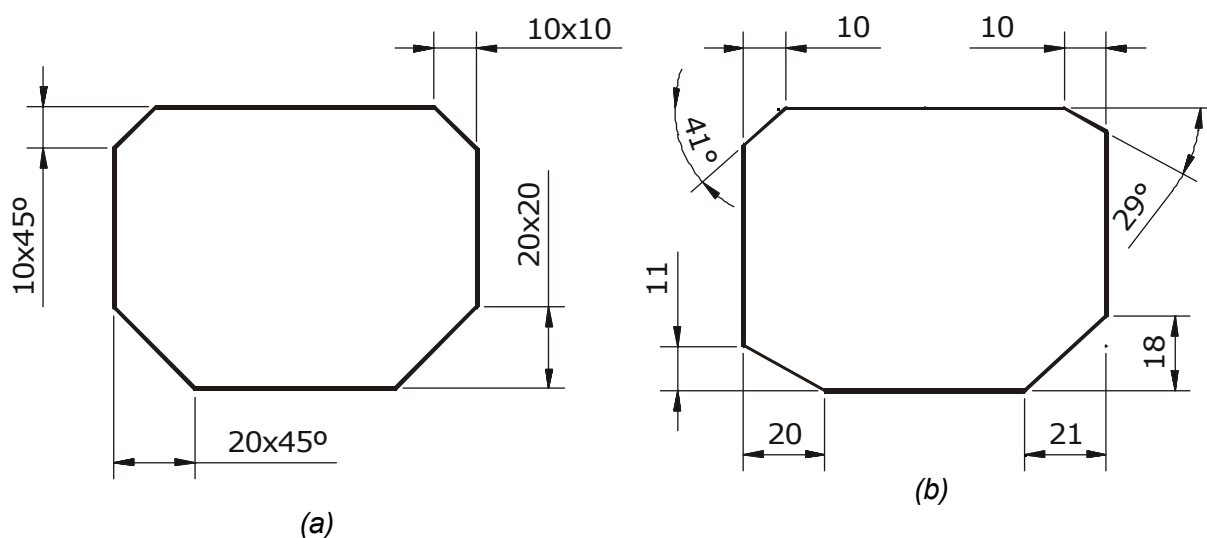



Figura 6.25

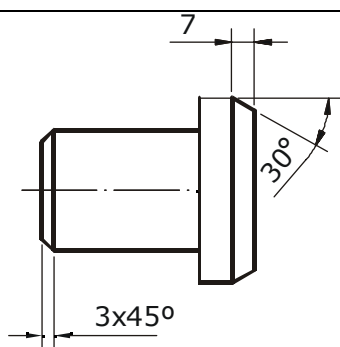



Figura 6.26

Para evitar nos objetos que serão manuseados o contato com cantos vivos, é usual quebrar os cantos com pequenas inclinações chamadas de chanfros, conforme mostra a Figura 6.26. A cotagem dos chanfros segue os princípios utilizados na cotagem de elementos angulares, como mostra a Figura 6.25.

Da mesma forma, os cantos vivos dos furos também são quebrados com pequenas superfícies inclinadas, que no caso dos furos são chamadas de escareados. A cotagem dos escareados segue os princípios da cotagem de elementos angulares e está exemplificada na Figura 6.27

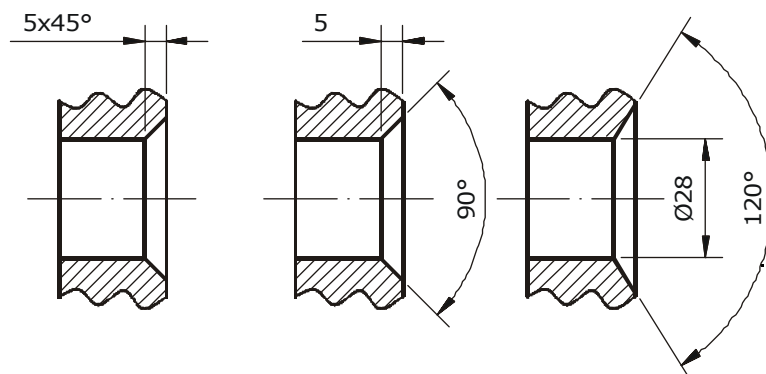



Figura 6.27

Cotagem de Elementos Eqüidistantes e/ou Repetidos

A cotagem de elementos eqüidistantes pode ser simplificada porque não há necessidade de se colocar todas as cotas. Os espaçamentos lineares podem ser cotados indicando o comprimento total e o número de espaços, conforme mostra a Figura 6.28 (a). Para evitar problemas de interpretação, é conveniente cotar um dos espaços e informar a dimensão e a quantidade de elementos.

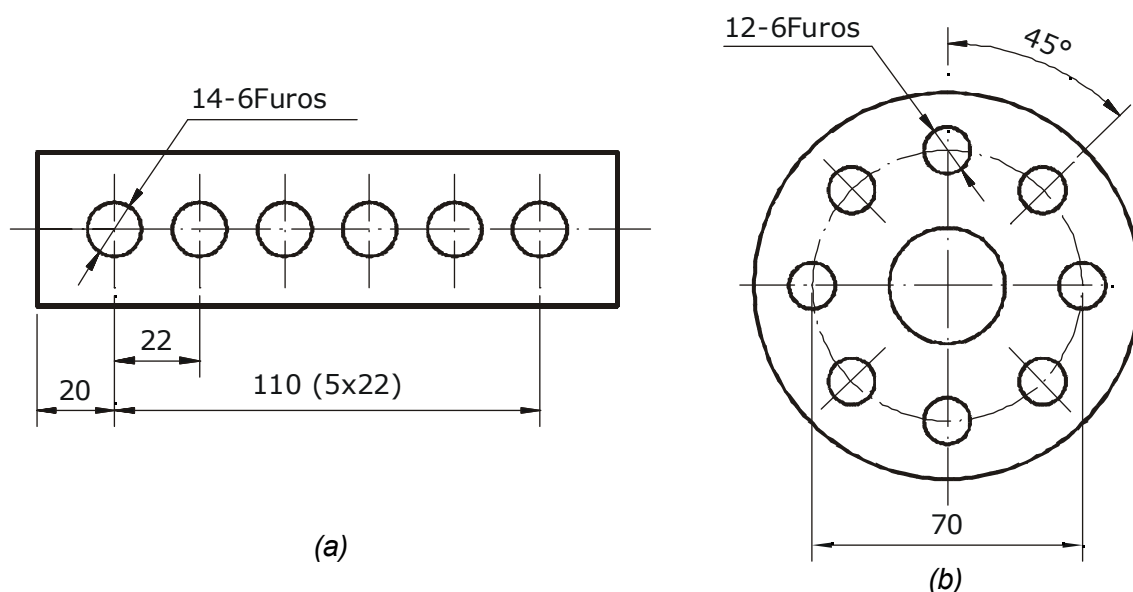



Figura 6.28

Os espaçamentos eqüidistantes angulares podem ser cotados indicando somente o valor do ângulo de um dos espaços e da quantidade de elementos, conforme mostra a Figura 6.28 (b).

Quando os espaçamentos não forem eqüidistantes, será feita a cotagem dos espaços, indicando a quantidade de elementos, conforme mostram as Figuras 6.29 (a) e (b).

(a) (b)

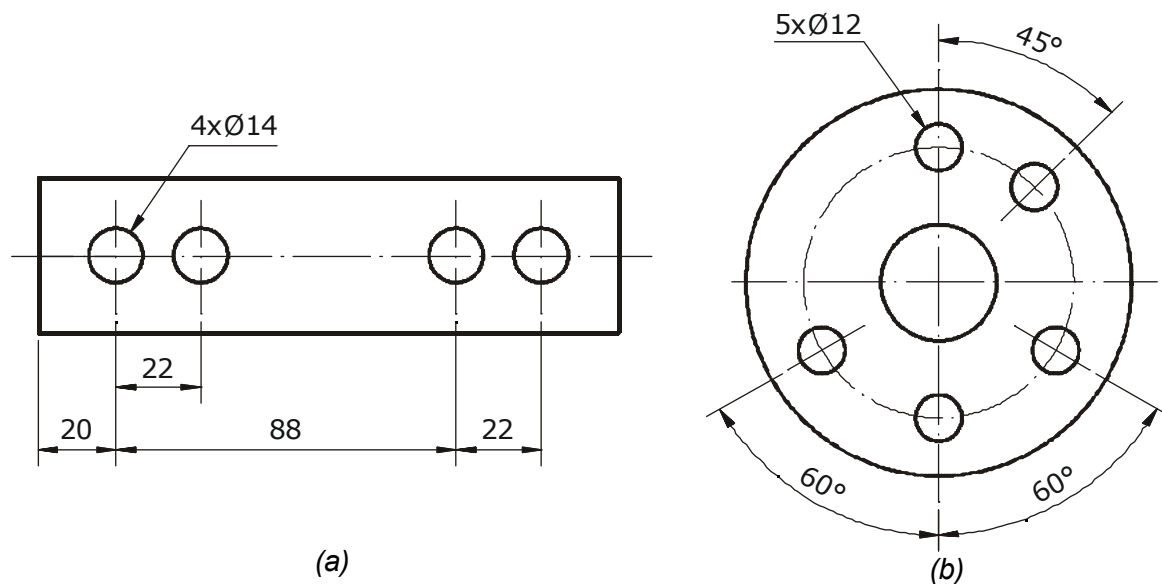



Figura 6.29

Cotagem de objetos em Meio Corte

Sabendo que as vistas em Meio Corte só podem ser utilizadas para representar objetos simétricos, conclui-se que a metade que aparece cortada também existe no lado não cortado e vice-versa.

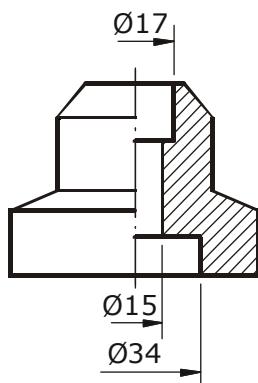
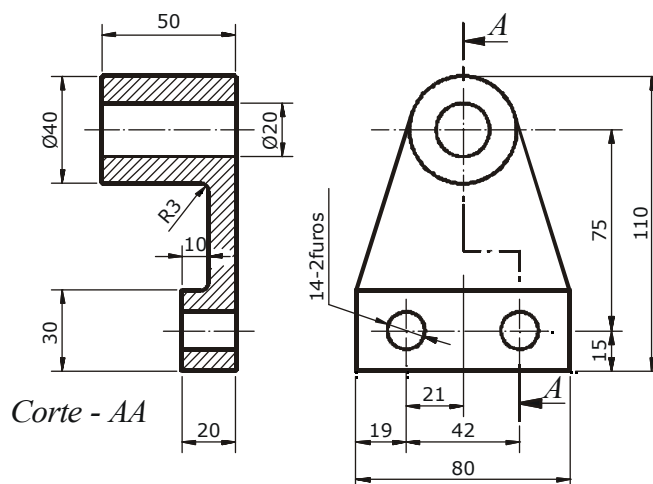
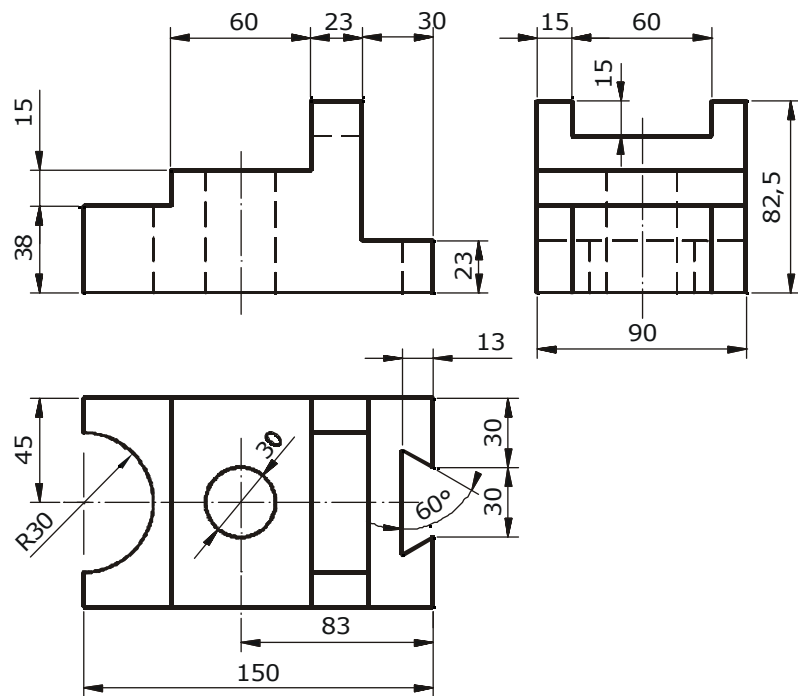
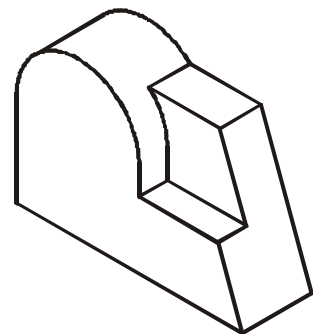
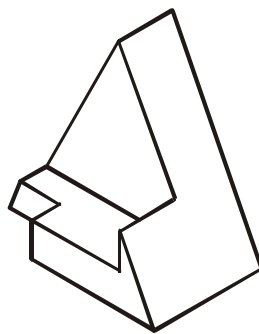
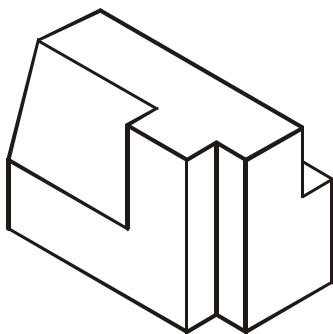



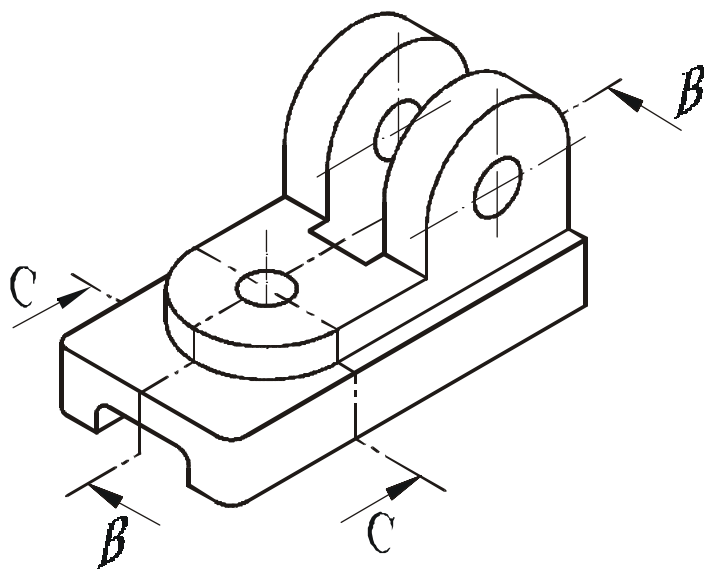
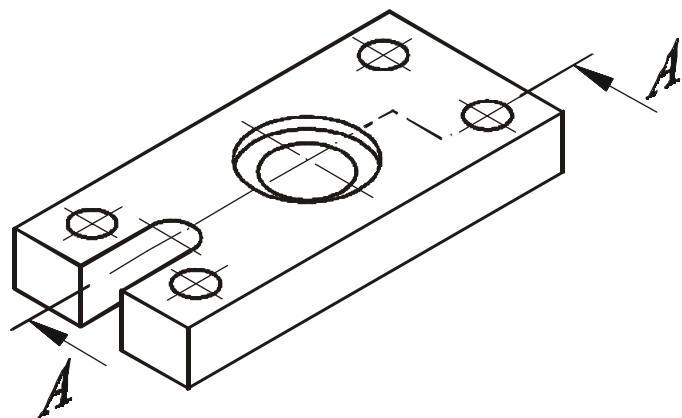
Figura 30

Desta forma, as vistas em Meio Corte podem ser utilizadas para cotagem do objeto utilizando linhas de cota somente com uma seta indicando o limite da cota na parte que aparece em corte, conforme mostra a Figura 6.30.

A ponta da linha de cota que não tem seta deve se estender ligeiramente além do eixo de simetria.

Exercícios Resolvidos

Exercícios Propostos

Dadas as perspectivas, desenhe à mão livre as projeções ortogonais devidamente cotadas (**arbitrar valores para as cotas**).

Dadas as perspectivas, desenhe à mão livre as projeções ortogonais aplicando os cortes indicados e faça a cotagem das vistas (**arbitrar valores para as cotas**).

Capítulo 7

VISTAS AUXILIARES E OUTRAS REPRESENTAÇÕES

Vistas Auxiliares

Devido à utilização de projeções ortogonais, em nenhuma das vistas principais as superfícies inclinadas aparecem representadas em suas verdadeiras grandezas. A Figura 7.1 mostra três vistas de um objeto com superfície inclinada, observe que em nenhuma das três vistas aparece, em verdadeira grandeza, a forma da parte inclinada do objeto.

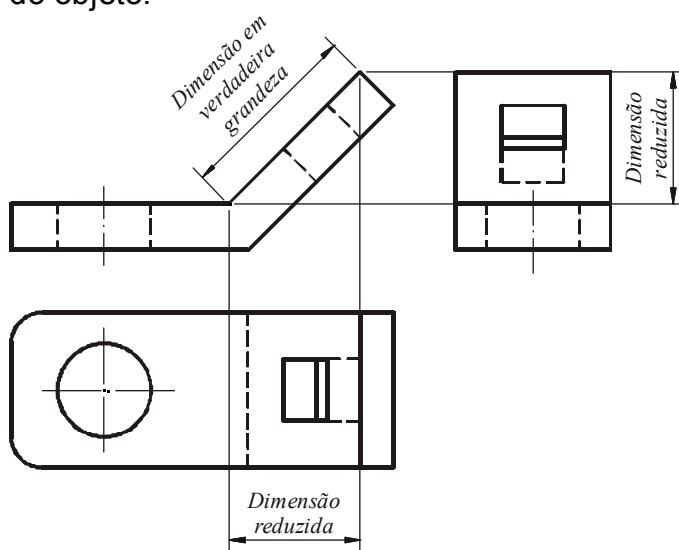



Figura 7.1

A representação da forma e da verdadeira grandeza de uma superfície inclinada só será possível fazendo a sua projeção ortogonal em um plano paralelo à parte inclinada. Ou seja, faz-se o tombamento da peça perpendicularmente à superfície inclinada, como mostra a Figura 7.2.

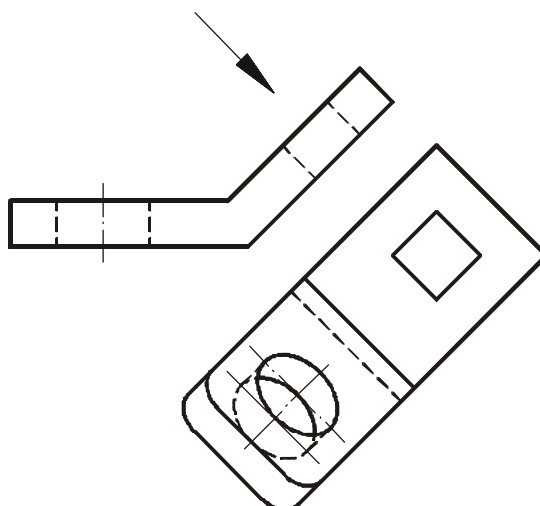



Figura 7.2

O rebatimento mostrado na Figura 7.2 é resultante da projeção ortogonal em um plano auxiliar paralelo à face inclinada do objeto e perpendicular ao plano que recebeu a projeção da vista de frente. A projeção feita no plano auxiliar é chamada de vista auxiliar.

As vistas auxiliares são empregadas para mostrar as formas verdadeiras das superfícies inclinadas contidas nos objetos representados.

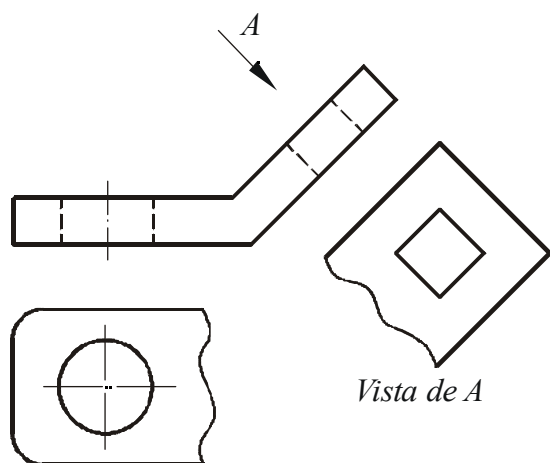
Como o desenho técnico tem como objetivo representar com clareza as formas espaciais dos objetos, não tem sentido prático desenhar as partes das vistas que aparecem com dimensões fora das suas verdadeiras grandezas. Desta forma, a ABNT recomenda a utilização de vistas parciais, limitadas por linhas de rupturas, que representam somente as partes que aparecem as formas verdadeiras dos objetos, conforme mostra a Figura 7.3.

As vistas auxiliares, como são localizadas em posições diferentes das posições resultantes das vistas principais, devem ter o sentido de observação indicado por uma seta designada por uma letra, que será usada para identificar a vista resultante daquela direção.

Figura 7.3

A Figura 7.4 mostra que as vistas auxiliares, além de representar a forma do objeto com maior clareza, permite que as cotas sejam referenciadas às verdadeiras grandezas das dimensões cotadas.

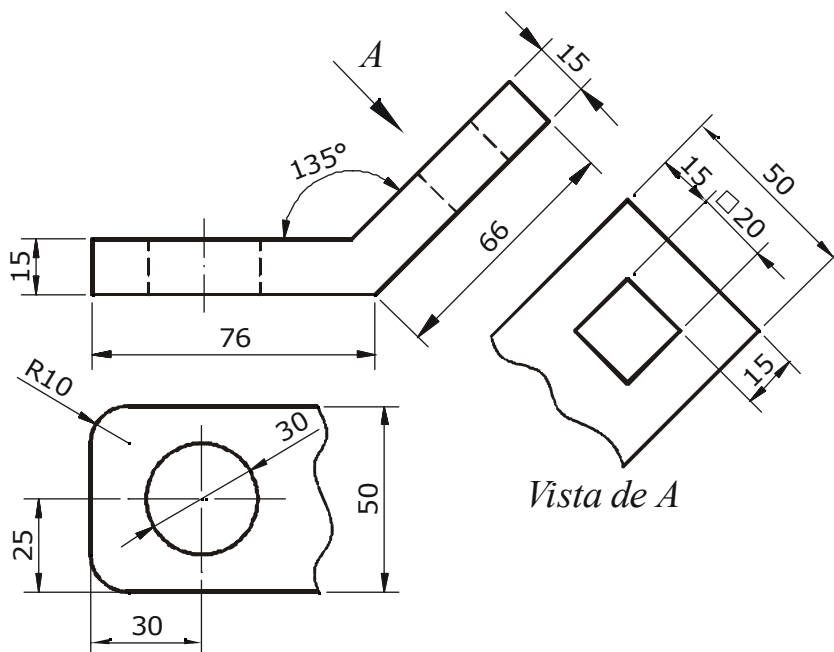
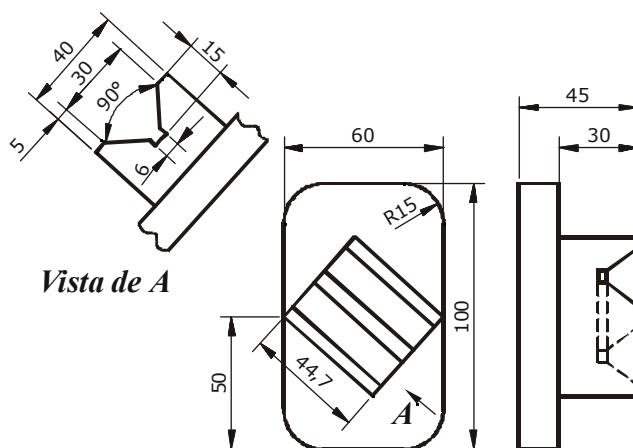
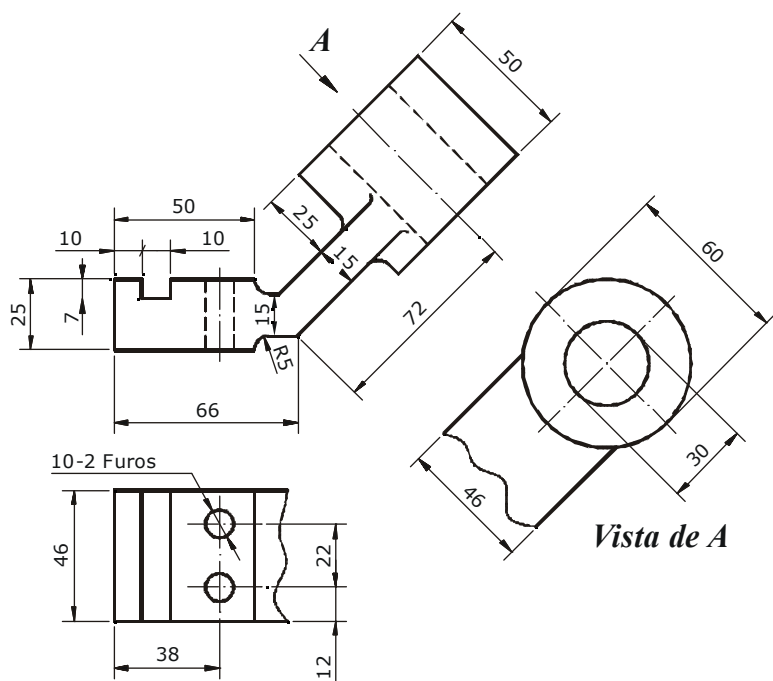
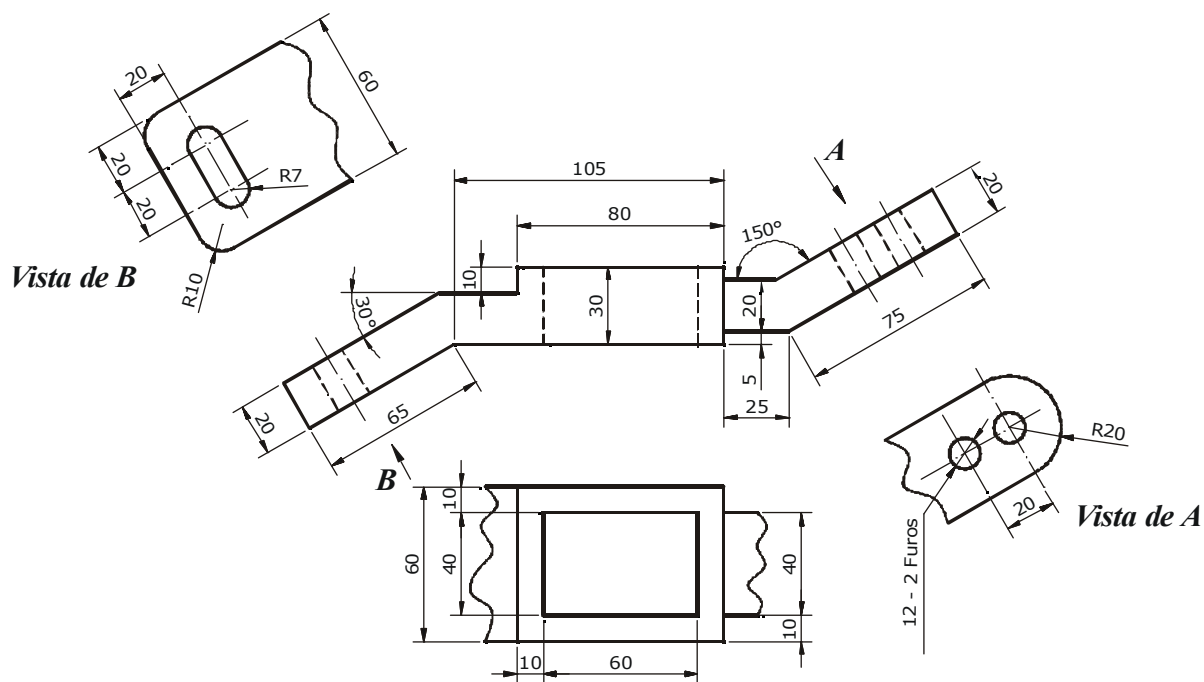



Figura 7.4

Exercícios Resolvidos com Vistas Auxiliares

Vistas Auxiliares Duplas

Quando o objeto contiver superfícies inclinadas em relação aos três planos de projeções, serão necessárias duas projeções auxiliares para determinar a verdadeira grandeza da superfície, conforme mostra a Figura 7.5. O primeiro rebatimento, no caso a “Vista de A”, sempre é feito de modo a representar por uma linha a superfície que se quer obter em verdadeira grandeza. Ou seja, a primeira projeção deverá ser feita em um primeiro plano auxiliar perpendicular à superfície inclinada e a um dos planos ortográficos.

O segundo rebatimento, no caso a “Vista de B”, é feito no sentido perpendicular à superfície que se deseja representar em verdadeira grandeza. Ou seja, a segunda vista auxiliar é obtida pela projeção do objeto em um segundo plano auxiliar paralelo à superfície inclinada e perpendicular ao primeiro plano auxiliar.

O segundo plano auxiliar não é perpendicular a nenhum dos planos ortográficos.

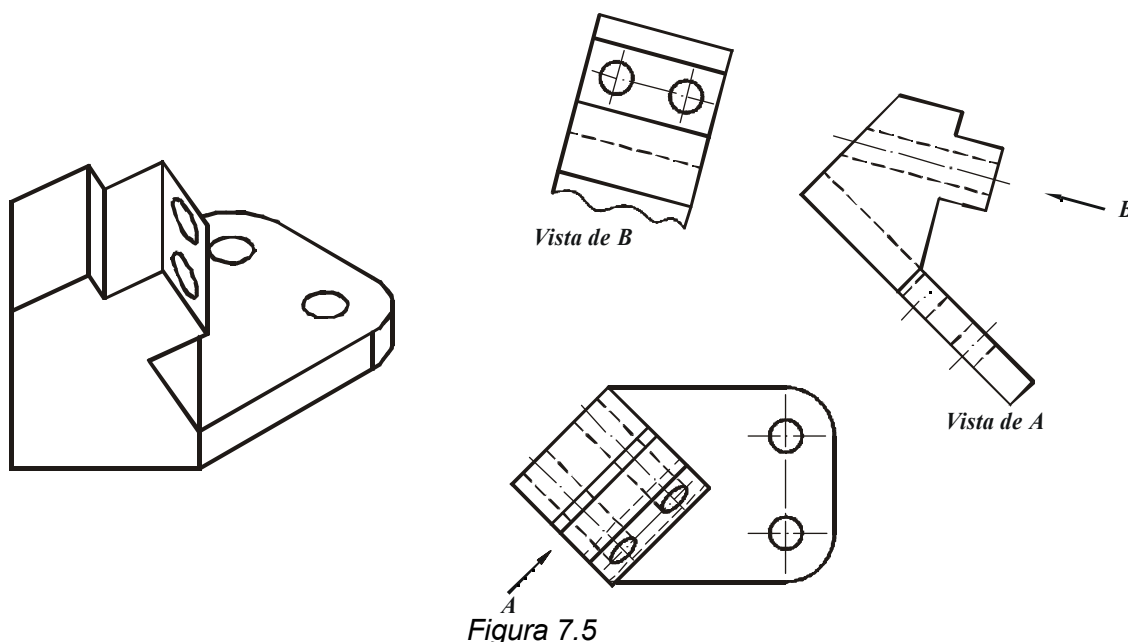



Figura 7.5

Outras Representações (Representações em Uma Única Vista)

Existem objetos que pela simplicidade de suas formas são plenamente caracterizados por somente duas vistas, conforme está exemplificado na Figura 7.6 (a). Fazendo a cotagem com a utilização dos símbolos que facilitam a identificação das formas cotadas, a representação pode ser com uma única vista, conforme mostra a Figura 7.6 (b).

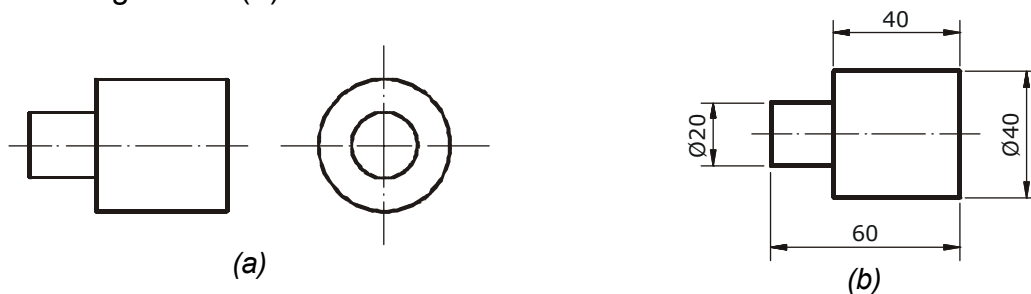



Figura 7.6

Para facilitar a interpretação dos objetos representados com uma só vista, as superfícies planas são caracterizadas pelo traçado das diagonais dos polígonos que as representam, conforme mostra a Figura 7.7

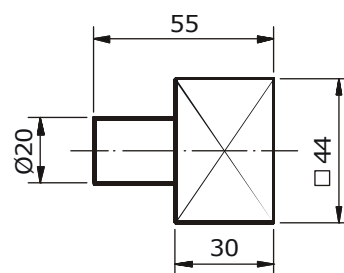
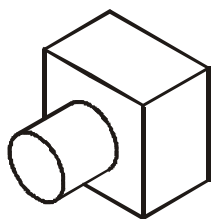



Figura 7.7

As diagonais que identificam a superfície plana são traçadas com linhas finas e contínuas.

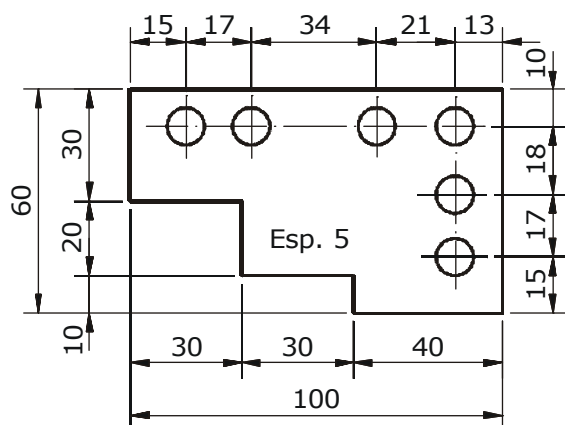
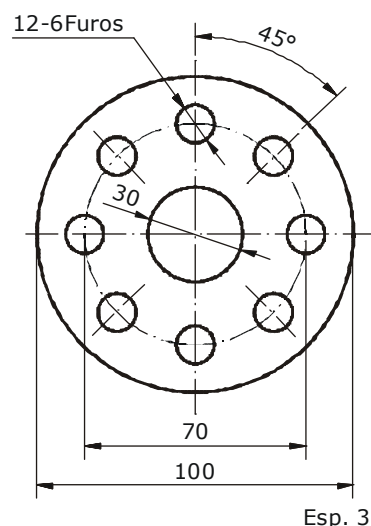
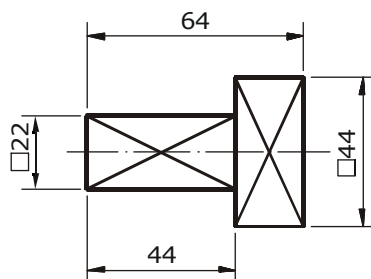
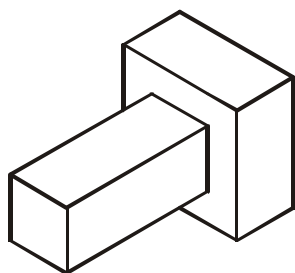
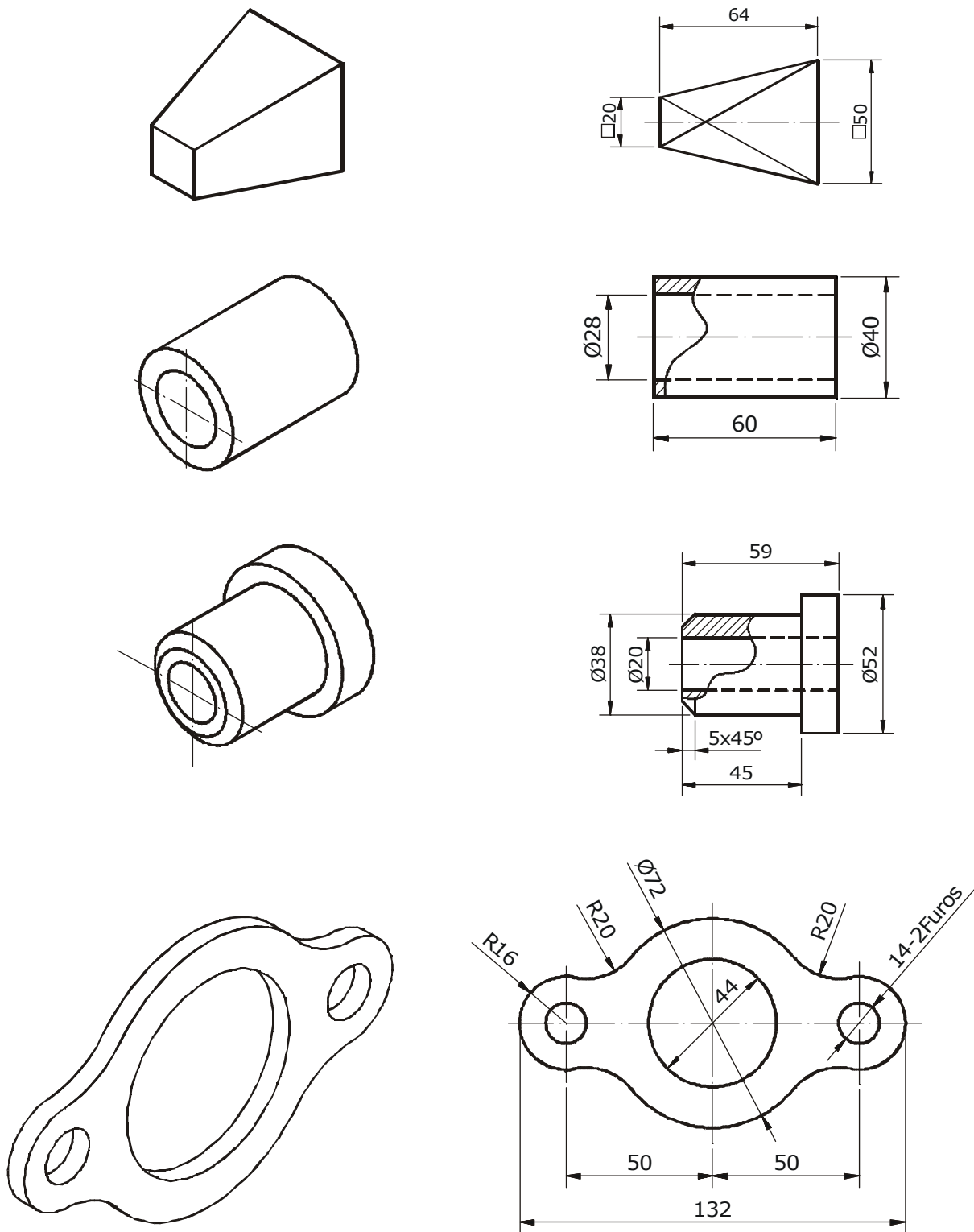
Alguns objetos planos, tais como juntas de vedação, placas etc., desde que não contenham detalhes que necessitem de mais de uma vista, podem ser representados em uma única vista, fazendo-se a identificação das suas espessuras com notas escritas, conforme está exemplificado na Figura 7.8.

(a)

(b)

Figura 7.8

Quando houver espaço e não comprometer a interpretação do desenho, a anotação da espessura deverá ser localizada dentro do desenho, como mostra a Figura 7.8 (a). Não sendo conveniente localizar a anotação dentro do próprio desenho, deve-se localizá-la logo abaixo, conforme mostra a Figura 7.8 (b)

Exemplos de Objetos Representados por Uma Única Vista

Outras Representações (Vistas de Objetos Encurtados)

Para evitar a utilização de escalas muito reduzidas ou a utilização de folhas de papel com grandes dimensões, a representação de objetos longos é feita com aplicação de rupturas, desenhando-se somente as partes da peça que contêm detalhes. As rupturas são aplicadas nas partes que têm formas constantes ao longo de seu comprimento, fazendo-se a remoção da parte localizada entre as rupturas e a aproximação das extremidades, conforme mostra a Figura 7.9.

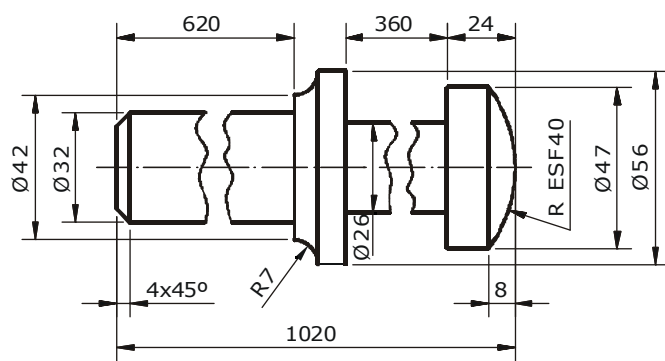



Figura 7.9

Apesar da peça ser representada encurtada, as linhas de cotas não são interrompidas e o valor da cota corresponde ao valor real da peça integral, conforme mostram as cotas de 620, 360 e 1020 da Figura 7.9.

Exemplos de Objetos Representados Encurtados

Outras Representações (Vistas de Objetos Simétricos)

Os objetos simétricos podem ser representados por vistas que mostram somente a metade ou a quarta parte da peça, conforme mostra a Figura 7.10. Com a utilização de linhas de simetria, também chamadas de eixos de simetria, indica-se a existência de outra parte exatamente igual e simétrica em relação ao eixo desenhado.

(a) *(b)*

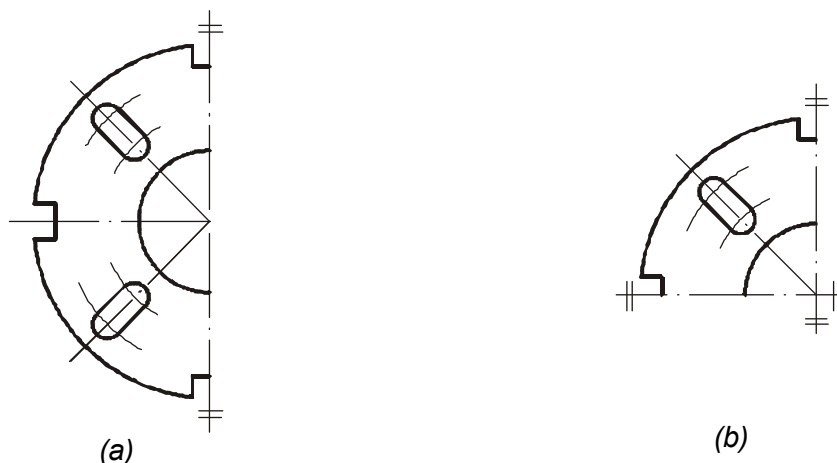



Figura 7.10

As linhas de simetrias são identificadas por dois traços curtos paralelos traçados perpendicularmente nas suas extremidades.

Na Figura 7.10 (a) o eixo indica a existência de simetria horizontal, enquanto na Figura 7.10 (b), na qual está representada somente a quarta parte da peça, os eixos indicam a existência de simetria horizontal e vertical.

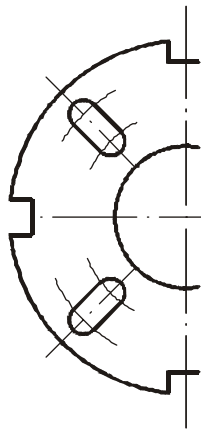
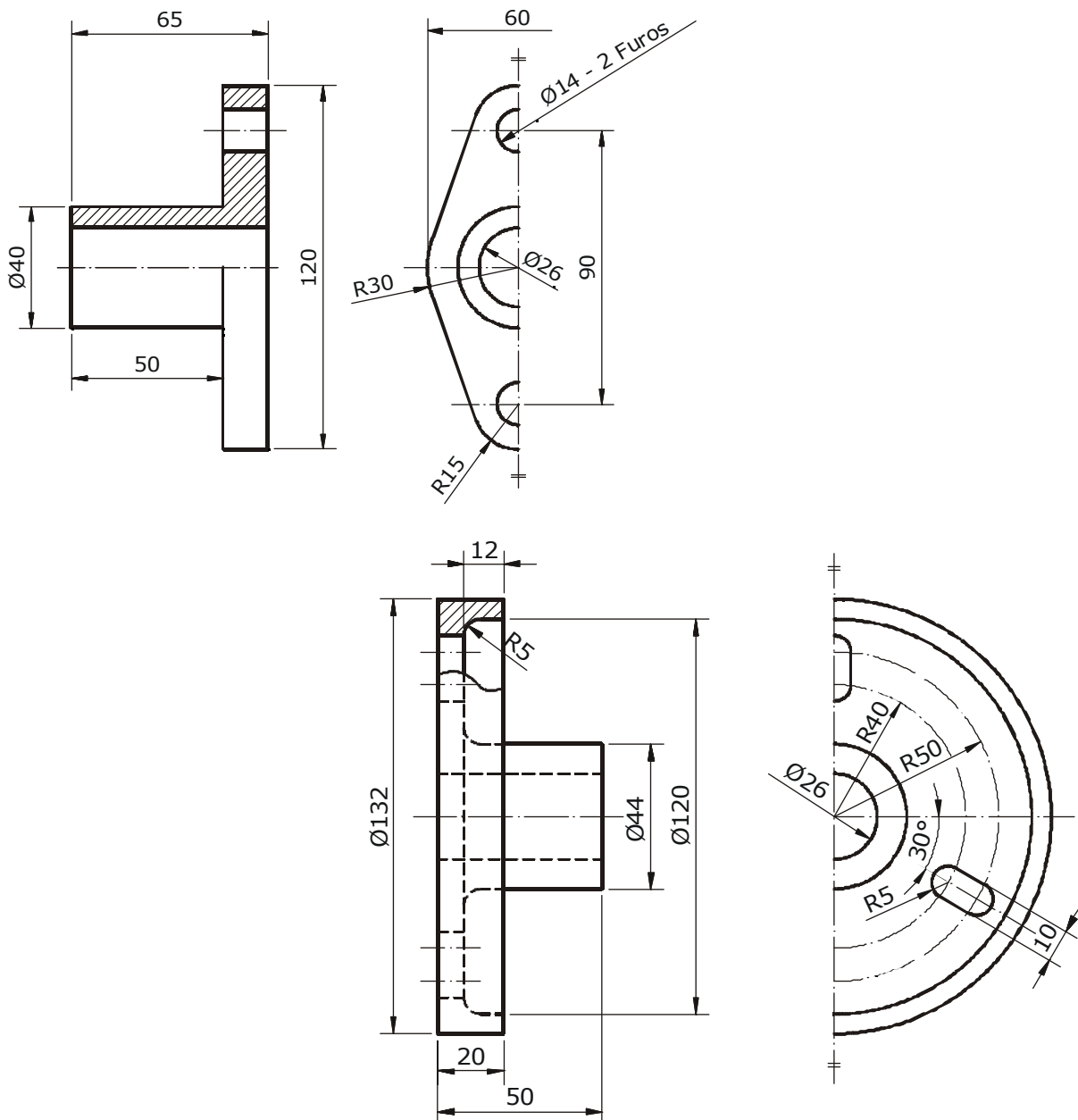



Figura 7.11

Quando as linhas do objeto simétrico ultrapassarem um pouco a linha de simetria, os traços curtos paralelos, de identificação do eixo de simetria deverão ser omitidos, conforme mostra a Figura 7.11.

É preciso ter muito cuidado na utilização dos princípios de simetria para não prejudicar a interpretação da forma espacial do objeto.

Exemplos de Representações de Objetos Simétricos

Outras Representações (Intersecções Geométricas)

As intersecções de superfícies que geram cantos vivos, chamadas de intersecções reais, são representadas por linhas que poderão ser contínuas ou tracejadas, dependendo do sentido de observação, a intersecção poderá ser visível ou invisível, conforme mostra a Figura 7.12 (a).

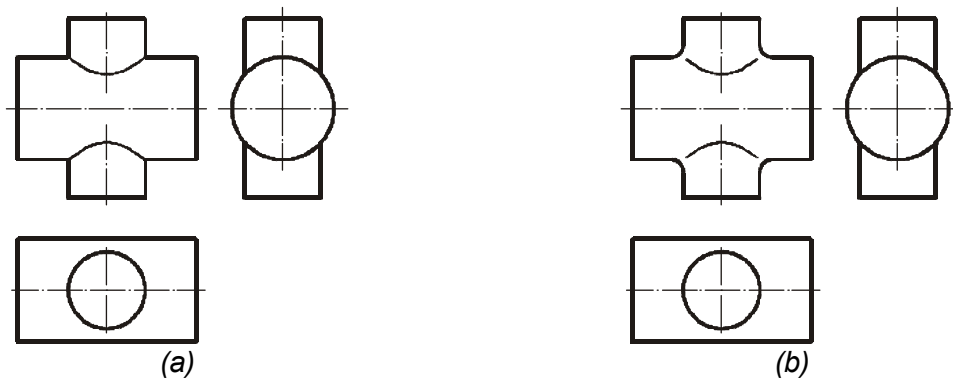



Figura 7.12

Quando os cantos de intersecção forem arredondados por meio de superfícies de concordância, as intersecções serão imaginárias e poderão ser representadas nas vistas por meio de linhas contínuas e finas, como mostra a Figura 7.12 (b).

As linhas que representam as intersecções imaginárias não devem atingir as linhas de contorno. A Figura 7.13 apresenta mais uma comparação das representações das intersecções reais com as intersecções imaginárias.

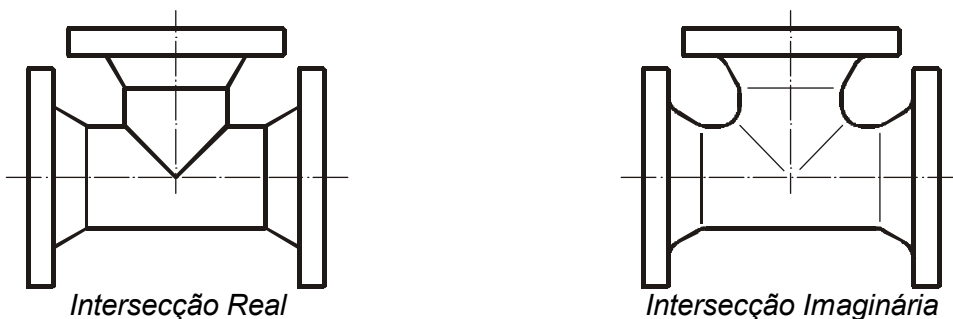



Figura 7.13

As Figuras 7.14 e 7.15 mostram outros exemplos de representações convencionadas para indicar intersecções de superfícies.

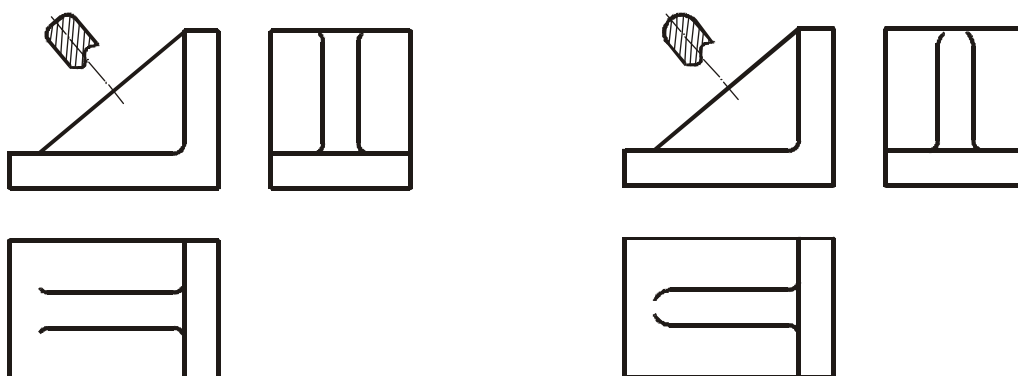



Figura 7.14

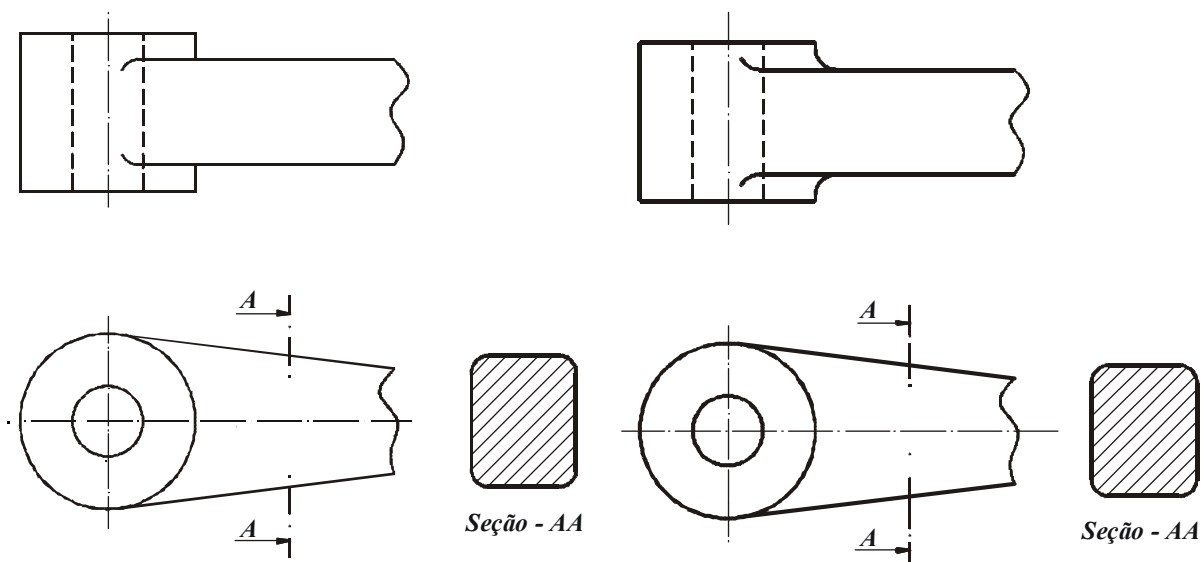



Figura 7.15

As normas da ABNT permitem a simplificação da representação das intersecções reais e das intersecções imaginárias nos seguintes casos:

- Na intersecção de duas superfícies cilíndricas as linhas curvas podem ser substituídas por linhas retas, conforme mostra a Figura 7.16.

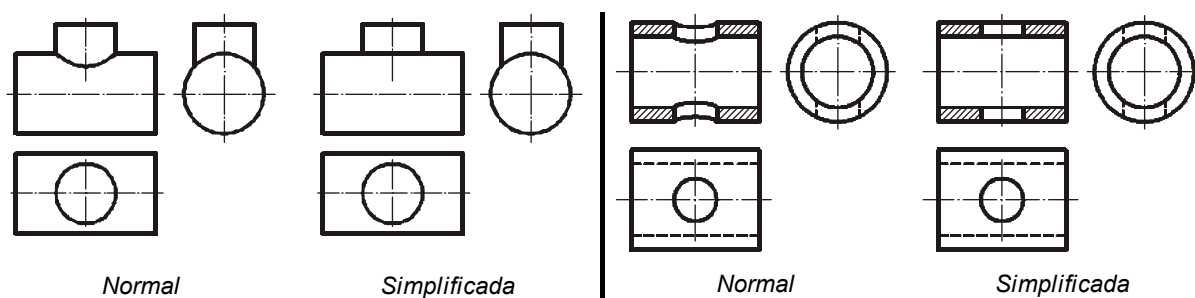



Figura 7.16

- Na intersecção de um cilindro com um prisma retangular pode-se omitir o deslocamento da reta de intersecção, conforme mostra a Figura 7.17.

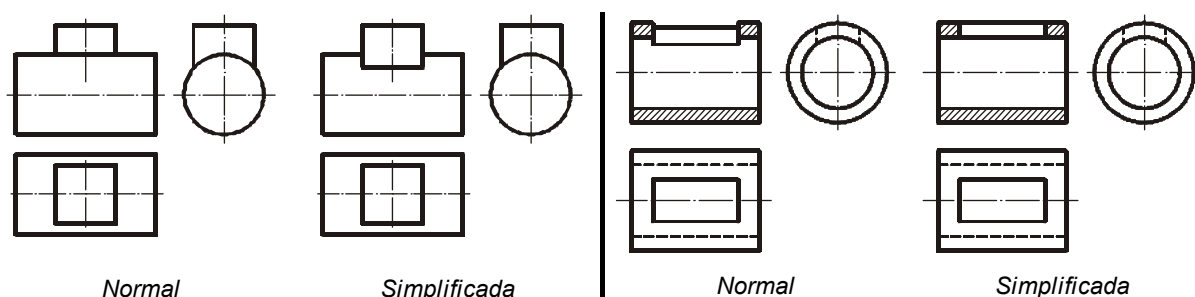



Figura 7.17

As representações simplificadas mostradas nas Figuras 7.16 e 7.17 devem ser utilizadas com cautela, para evitar qualquer comprometimento da interpretação da forma do objeto representado.

Na prática a representação simplificada das intersecções é utilizada somente em desenhos de pequena dimensão.

Outras Representações (Detalhes Repetitivos)

Os detalhes ou elementos que aparecem repetidamente nos objetos podem ser representados de forma simplificada, conforme mostra a Figura 7.18. A quantidade e a especificação dos detalhes ou elementos repetidos são feitas na cotagem ou por anotações específicas.

Figura 7.18

Outras Representações (Detalhes Ampliados)

Para melhorar a representação e facilitar a cotagem de pequenos detalhes de um objeto, faz-se a identificação do detalhe, circundando-o com uma linha fina, contínua e identificada por uma letra maiúscula, desenhando posteriormente, em escala ampliada e com a devida identificação, o detalhe marcado no desenho do objeto, conforme mostra a Figura 7.19.

Figura 7.19

Outras Representações (Comprimento Desenvolvido e Partes Adjacentes)

Nos desenhos de objetos que são conformados a partir de superfícies planas (objetos construídos a partir do dobramento de chapas), é necessário mostrar o comprimento desenvolvido que deu origem à forma espacial, conforme mostra a Figura 7.20. O comprimento desenvolvido é representado por linha fina constituída de traço e dois pontos.

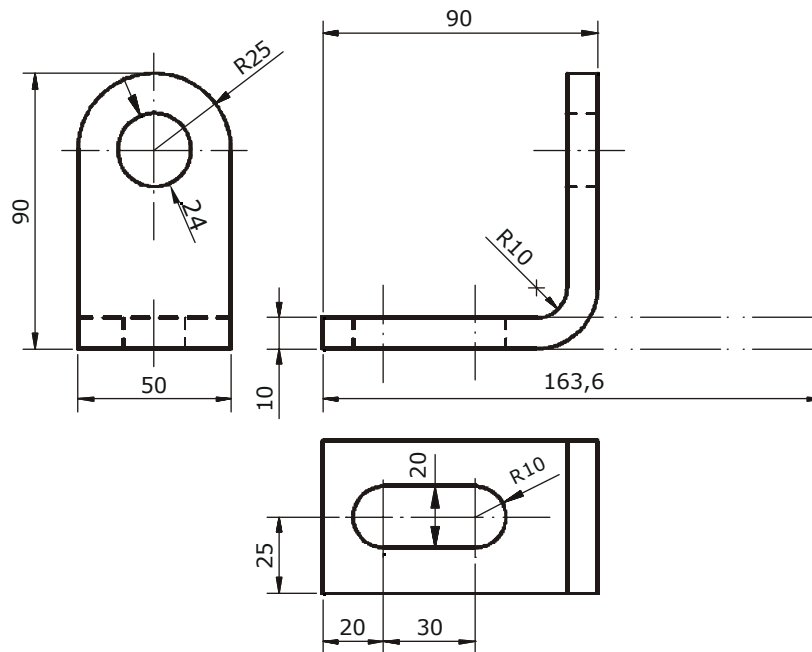



Figura 7.20

As linhas constituídas de traço e dois pontos também são utilizadas para representar, quando for necessário, peça adjacente ao objeto representado no desenho, conforme mostra a Figura 7.21. Se o objeto estiver representado em corte, as peças adjacentes não devem ser hachuradas, conforme está exemplificado na Figura 7.21 (b).

(a) *(b)*

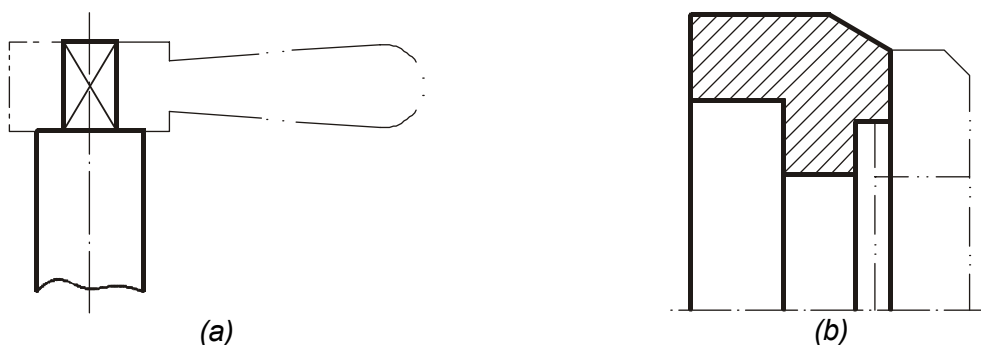



Figura 7.21

As linhas traço dois pontos, chamadas por alguns autores de linhas fantasmas, também podem ser utilizadas para representar mudanças de posição de um objeto que tenha movimento, por exemplo, as posições limites do curso de um braço de alavanca.